

GEOGRAFIA

- spațiul epistemologic al științei complexității

Paul-Răzvan Șerban,
Universitatea de Vest „Vasile Goldiș” din Arad

REZUMAT

Așa cum întreaga știință este divizată în diferite ramuri care au de-a face cu diferite problematice, studiile complexității sunt divizate în funcție de anumite puncte de vedere. Se pune astfel întrebarea dacă există o teorie unificatoare a complexității care ar putea da coerență. Dificultatea cunoașterii și controlului complexității ar putea fi datorată limitărilor noastre ca ființe umane dar am putea accepta faptul că aceste limitări să fie depășite cu ajutorul calculatoarelor. Această idee pare foarte promițătoare și mulți cred puternic în ea. Limitele practice – cum ar fi deficiența noastră în calcularea și absorbirea rapidă a unei cantități mari de informații – ar putea fi definitiv depășite în zilele noastre de către computere.

INTRODUCERE

Studiul complexității este mai mult decât tratarea în opoziție cu „simplitatea”, în ultima jumătate de secol creând o terminologie specifică izvorâtă din propria ontologie și epistemologie. Acest lucru a determinat o serie de conceptualizări și redefiniri ale obiectului de studiu pentru numeroase discipline ce au fost incluse ca subcomponente în studiul complexității. Fizica, biologia, informatica, economia, geografia – pentru a enumera doar câteva dintre științele vizate – s-au confruntat cu un nou curent de gândire care a condus la gruparea unui număr însemnat de cercetători în jurul unei noi paradigme științifice. Această paradigmă impunea o strânsă colaborare interdisciplinară și un transfer activ de cunoștințe pentru a se putea remarca. Numeroase institute și laboratoare și-au propus ca obiect de studiu problematica teoriei complexității

și aplicațiile directe ale acesteia. Institutul Santa Fe din New Mexico – pentru a menționa, probabil, cea mai importantă instituție de acest gen - a fost fondat în 1984 fiind consacrat studiilor interdisciplinare ale complexității și, în special, sistemelor complexe. Printre progresele aduse la teoria complexității de către Institutul Santa Fe menționăm modelarea bazată pe agent și știința creativă.

Orice demers științific este, în fapt, un cadru comun de întâlnire între obiectivitate și subiectivitate iar aceasta se datorează, credem, dorinței cercetătorului de a-și valida teoria atât la nivel general cât și particular (a se vedea Popper, 1981) dar și procesului de cunoaștere a realităților sistemelor (care este unul profund subiectiv) care reprezintă fundamentul conceptualizărilor și anticipărilor ce vor determina transformările ulterioare ale sistemelor.

Există o permanentă oscilare între planul obiectiv și cel subiectiv în cunoașterea complexității, și anume: căutarea complexității în sine (plan obiectiv), descrierea modelelor sistemelor (plan subiectiv), recurgerea la utilizarea computerelor în rezolvarea problemelor conexe complexității sistemelor (plan obiectiv), clasificarea modelelor și implicit a sistemelor aparținătoare drept simple sau complexe (plan subiectiv).

Există complexitate în sine sau doar modele complexe ale sistemelor reale?

Căutarea complexității în sine nu este un lucru ușor, numeroși cercetători atribuind descrierii modelelor sistemelor reale acest adjectiv și apoi transferându-l sistemului ca atare. Mai mult, această descriere a modele-

lor sistemelor se poate face doar relativ, prin compararea sistemelor de natură similară (ex. în cadrul sistemelor hidrografice subsistemul pârâu fiind mai puțin complex decât subsistemul râu, care este mai puțin complex decât subsistemul fluviu). Cu alte cuvinte, nu există o valoare absolută a complexității și o unitate de măsură standard a acesteia, complexitatea fiind o chestiune legată de relația dintre două sau mai multe sisteme. Mai mult, nu există complexitate în sine, aceasta fiind sau nu un atribut al modelului sistemului. Complexitatea se schimbă însă în timp, odată cu evoluția purtătorului acesteia.

Printre adepții estimării complexității pe baza descrierii modelului se numără B. Edmonds (1999) care dă următoarea definiție complexității:

„Complexitatea este acea proprietate a modelului care îi face dificil de formulat comportamentul în ansamblu într-un anumit limbaj, chiar și atunci când sunt date informații complete în mod rezonabil despre sub-componentele sale și interrelațiile acestora.” (p.131)

Explicația acestei înclinații spre modelare decât preocuparea pentru realitatea însăși se poate atribui mănuirii foarte dificile a complexității în sine sau, mai degrabă, neexistenței complexității în sine. Aceasta nu înseamnă că nu are esență complexitatea.

În literatura de specialitate privind complexitatea, exemplul tipic pentru a face distincția între complicat și complex este cel dintre o mașinărie (care nu este mai mult decât o aranjare complicată a părților sale, fiind posibilă descompunerea și compunerea acesteia fără a se pierde vreo proprietate a acesteia) și ființele vii (considerate complexe datorită interacțiunii reciproce a părților componente și evoluției acestora în timp; o dată ce moartea intervine, aceste ființe încetează a mai fi complexe și devin lucruri complicate datorită lipsei de interacțiune a părților lor componente).

Complexitatea sistemului și complexitatea observatorului

Insuficiența cunoaștere a componentelor sistemului dar și a relațiilor dintre ace-

tea precum și lipsa datelor ce pot fi puse la dispoziția observatorului, creează dificultăți în descrierea sistemului și clasarea acestuia drept complex, cu toate că este condus de mecanisme simple. Acest fapt denotă limitele cognitive ale observatorului în analiza sistemului la care se pot adăuga și implicările emoționale ale acestuia. Toate acestea fac din descrierea sistemului un act profund subiectiv, fapt deloc agreat în domeniul științei – care îl studiază ca peun act pur obiectiv.

Convingerea lui Immanuel Kant dar și a reprezentanților existențialismului (Jean-Paul Sartre) în privința cunoașterii este una asemănătoare: ceea ce cunoscătorul primește în actul cunoașterii vine de la cunoscătorul însuși. Așadar intelectul dă formă în cunoaștere materialului brut al lumii exterioare, făcând astfel “obiectivitatea” subiectivă (vezi și Fuchs, 1996).

În plus, este la latitudinea observatorului alegerea scării de la care să realizeze analiza sistemului iar în funcție de aceasta scară va selecta detaliile și sarcinile pe care și le propune spre a fi rezolvate.

Ar putea computerele învinge limitarea noastră?

Pentru eliminarea limitărilor și dificultăților în rezolvarea problemelor ce aparțin descrierii și analizei sistemelor complexe, dar și pentru recâștigarea obiectivității demersului științific pe care îl presupun acestea (demers ce părea iremediabil legat de subiectivitate, așa cum am arătat anterior), cercetătorii au apelat la utilizarea computerelor.

Computerele au menirea de a procesa un volum important de date într-un timp mult mai scurt comparativ cu creerul uman iar algoritmi utilizați în rezolvarea de probleme din cadrul sistemelor complexe sunt, cu siguranță, unii obiectivi. Acest fapt a impulsionat rapid utilizarea computerelor în modelarea sistemelor complexe, succes ce nu a încetat, totuși, să fie privit critic de anumiți cercetători. Principalele motive invocate au fost lipsa de realism în anumite cazuri particulare de sisteme, lipsa ce se datora inadecvării modelului sistemului la toate componentele acestuia (sub-sisteme) existând, uneori, suficient de multe cazuri „particulare” pentru ca modelul să nu poată fi

validat. Așadar, natura complexității este fără sfârșit iar artificialul (computerele și modelele utilizate) nu poate replica complexitatea realului. Pentru aceasta replicare este nevoie de ceva mai mult decât algoritmul utilizat de computer, și anume: intuiția umană, așa cum sugerează și Rescher (1998) computerele au la bază inputuri finite pe care le procesează iar modelele de reprezentare ale realizării au, așadar o complexitate finită:

„Această mulțime de finitudini presupune că modelarea cu ajutorul computerelor a realității nu va capta niciodată ramificațiile inerente ale universului natural care este infinit de complex în detaliile și mecanismele sale”

(Rescher 1998, p116)

Revenirea la discernământul observatorului înseamnă, de data aceasta, recunoașterea importanței intuiției sale dar, totodată, sugerează și diferențele ce pot apărea în acest plan subiectiv între cercetători, reușind să își impună paradigma științifică cel a cărui intuiție se transformă în realitate. Bineînțeles, cercetătorii au la dispoziție computerele dar numai în anumite etape ale cercetării, proporția în care combină cele două planuri – obiectiv și subiectiv - oferă amprenta particulară a fiecărui cercetător.

Visul lui Alan Turing, despre computerul universal care poate rezolva toate problemele nerezolvate, este o iluzie. Acest fapt are și o latură pozitivă, oferind mai multe variante în rezolvarea unei probleme pornind de la intuițiile mai multor cercetători (varianțe ce se pot valida în timp), față de soluția unică oferită de computer.

Aspecte cognitive ale complexității

După H.H. Patee (1998) epistemologia este teoria sau practica ce stabilește condițiile care fac cunoașterea posibilă. Cu cât este mai complex un obiect cu atât este mai mare distanța dintre cunoașterea aceluși obiect și obiectul însuși.

Există o puternică legătură între complexitatea cognitivă și complexitatea ontologică. Cea dintâi favorizează înțelegerea celei

din urmă, cunoașterea fiind un instrument al detectării ordinii și, conform lui Rescher, legătura dintre complexitate și ordine trimite la complexitatea cognitivă.

Un sistem poate fi nu doar mai mult sau mai puțin complex ci și complex în mai multe modalități. Conform lui Rescher (1998) există trei tipuri de complexitate: epistemică, ontologică și funcțională:

1. Tipul epistemic

1.1. Complexitatea de formulare

a. Complexitate descriptivă (lungimea expunerii pentru o descriere adecvată a sistemului);

b. Complexitate creatoare (lungimea setului de instrucțiuni necesare pentru a forma „rețeta” producerii unui sistem);

c. Complexitate de calcul (timpul și efortul necesare în rezolvarea unei probleme)

2. Tipul ontologic

2.1. Complexitatea compozițională

a. Complexitate constitutivă (numărul de elemente constitutive);

b. Complexitate taxonomică (varietatea tipurilor de elemente constitutive)

2.2. Complexitatea structurală

a. Complexitate organizațională (varietatea modurilor posibile de aranjare a componentelor în funcție de interrelații);

b. Complexitate ierarhică (gradul de elaborare al relațiilor de subordonare)

3. Tipul funcțional

a. Complexitate operațională (varietatea tipurilor de funcționare);

b. Complexitate nomică (gradul de elaborare al legilor ce guvernează fenomenele)

Cele trei tipuri de complexitate se referă la: cum ar trebui să vorbim despre complexitate, cum ar trebui să o descriem și ce metode să folosim pentru a o rezolva (tipul epistemic).

Tipul ontologic atinge natura intimă a sistemelor, referindu-se la structurile interne – numărul constituenților, tipul acestora și cum sunt organizați.

Tipul funcțional se concentrează pe întrebarea: cum operează sistemele complexe și cum se comportă acestea.

Tipul epistemologic este utilizat în științele naturale (astronomie, chimie, fizică, biologie, geografie), cel epistemologic în filozofie iar cel funcțional în studiile interdisciplinare.

Ce este știința complexității?

Metoda tradițională științifică, care se bazează pe analiza, izolarea și strângerea de informații *complete* despre un fenomen, este incapabilă să se ocupe de interdependențe complexe. Apariția științei complexității (Waldrop, 1992; Cilliers, 1998; Heylighen, 1997) oferă promisiunea unei metodologii alternative, care ar trebui să poată aborda astfel de probleme. Cu toate acestea, o astfel de abordare are nevoie de fundamente solide, adică de o înțelegere și definire clară a conceptelor și principiilor care stau la bază (Heylighen, 2000).

Abordarea sistemelor (Churchman, 1968), care a reprezentat baza pe care cele mai multe modele operaționale de dezvoltare urbană s-au sprijinit, urma trei principii cheie. Primul principiu presupune definirea sistemului în mediul său mai larg, însă sistemul are o limită clară față de lumea exterioară prin faptul că interacțiunile care interesau trebuiau să fie mai dense în interiorul sistemului decât în afară. Al doilea principiu postula că sistemul se află într-un anumit echilibru. Al treilea principiu presupune că elementele sistemului trebuie să fie uniforme sau omogene. Dinamica sistemului în spațiu și timp presupune schimbări neașteptate, noi componente se dezvoltă și componentele existente se transformă. Există unele dificultăți logice în stabilirea limitelor sistemelor: fostele componente au fost considerate limită logică pentru un sistem și care apoi dispar sau cele noi care apar dincolo de limita existentă (Epstein, 1999). Starea obișnuită a sistemelor este însă departe de echilibru; de multe ori nici un astfel de echilibru nu a existat vreodată. Sistemele sunt compuse din agenți și obiecte eterogene. Feedback-ul și algoritmi de învățare permit agenților să se adapteze la mediul lor de-a lungul timpului (sistemul din care fac parte căpătând noi forme). Aplicarea acestor legi la o populație mare de agenți duce la un comportament de survenire, ce seamănă, de fapt, cu fenomenele din lumea reală. Holland, (1995) de exemplu, descrie si-

stemele complexe (adaptive) ca fiind sistemele care își mențin structura și coerența sub toate modificările imaginabile prin adaptare. Allen (2001) merge mult mai departe și definește complexitatea în termeni de sursă a schimbării neașteptate sau "imprevizibile". El spune: "Cea mai simplă definiție a unui sistem complex este una care consideră că sistemul poate răspunde în mai mult de o modalitate mediului său. "Alegerea" în răspuns se naște din faptul că procesele nelinere din cadrul sistemului pot amplifica eterogenitatea microscopică ascunsă în ea". Aceste noi principii au fost încorporate științei complexității.

Kauffman (1993, 1995) face distincție între regimul „haotic”, „complex” și „ordonat” de comportament al sistemului. În întrebuințarea lui, termenul "complex" este echivalent cu "limita haosului" și se află între ordonat și haotic. El subliniază, de exemplu, că "un regim complex [s-ar fi găsit] la granița dintre ordine și haos" (Kauffman, 1993). Conform lui Kauffman (1995), viața a survenit în cuprinsul complexității. Așadar, știința complexității studiază fenomene care nu sunt caracterizate prin ordine - cum ar fi cele studiate de mecanica newtoniană și știința sistemelor, sau prin dezordine - cum ar fi cele studiate de mecanica statistică și știința socială postmodernă, ci este situată undeva la mijloc, în zona care este comună (deși probabil înșelătoare) numita *limita haosului* (Langton, 1990). Într-un sistem cu adevărat complex componentele sunt într-o oarecare măsură independente și, astfel, autonome în comportamentul lor, în timp ce suferă diferite interacțiuni directe și indirecte. Acest lucru face comportamentul global al sistemului foarte dificil de prezis, cu toate că nu este aleatoriu (Heylighen F., P. Cilliers, & C. Gershenson, 2007).

Considerate o lungă perioadă de timp ca sisteme cu un număr considerabil de variabile și parametri mascați de regularitățile subiacente, imposibil de determinat în întregime datorită lipsei datelor, sistemele complexe s-au detașat de această viziune impunând necesitatea apariției unei noi ramuri a științei, cu caracter interdisciplinar ce are la bază fertilizarea încrucișată a conceptelor și instrumentelor din dinamica neliniară, fizica statistică, teoriile informației și probabilității, analiza datelor și simularea numerică. Abordarea interdisciplinară

are ca fundament stăpânireatemeinică a unuiadintredomenii din care vairadiacunoașterea.

La fel ca știința newtoniană dinaintea sa, știința secolului al XX-lea a crescut dintr-o schimbare profundă în cultura generală, o mișcare departe de adevărul absolut și perspectiva absolută spre contextualism; o trecerea de la certitudine, spre oapreciere a pluralismului și diversității, spre o acceptare a ambiguitățiiși paradoxului, a complexității decât simplității (Thrift, 1999).

Impulsul principal din spatele teoriei complexității este unul care reprezintă o schimbare în înțelegerea proprietăților de interacțiune a sistemelor, mai mult decâtsuma părților lor. Aceasta este ideea unei științe a unei ordini ce survine holistic; o știință a calitățiiila fel de mult ca una a cantității(Thrift, 1999), o știință a “potențialul de ordine survenindă din fenomenele complexe și imprezibile”(Goodwin, 1997), o știință mai deschisă, care afirmă “prioritatea proceselor față de evenimente, a relațiilor față de entități și a dezvoltării față de structură” (Ingold, 1990).

Teoria complexității este, așadar, o grupare de concepte bazate pe motivul survenirii sau auto-organizării și care implică, de obicei, o serie din cele ce ar putea fi gândite ca “semne de întrebare” (Stengers, 1997) cum ar fi neliniaritatea, auto-organizarea, ordine survenindă și sisteme complexe adaptive (Jencks, 1996). Cei mai mulți dintre cercetătorii teoriei complexității, de obicei, fac apel la toate domeniile pe care le consideră a avea legătură cu aceasta: teoria haosului, modelarea fractalilor, viața artificială, automate celulare, rețele neuronale și un vocabular tehnic și metaforic - haos, atractori, fractali, a surveni, ordine, auto-organizare, ordine implicită, viața la marginea haosului și așa mai departe (Thrift, 1999).

Care sunt mecanismele complexității?

Este clar că nu există un singur răspuns definit la această întrebare și există două motive pentru aceasta: fie mecanismele sunt atât de „particulare” încât nu le putem cunoaște excepțiile ori avem de-a face cu pluralitatea unor asemenea mecanisme fără nicio preferință. Fără să privim la care este adevărată, am dat exemplul

unor teorii ce ar putea fi candidate la explicarea acestor mecanisme.

Prima dintre acestea, foarte promițătoare, este *teoria criticității auto-organizând*e formulată de Bak, P., Tang, C., and Wiesenfeld, K. (1988). Conform acestei teorii, sistemele dinamice evoluează natural (se auto-organizează) dintr-o stare critică foarte interactivă în care o perturbare minoră conduce la avalanșe de toate mărimile. Bak, P., Tang, C., and Wiesenfeld, K. (1988)se referă la neliniaritate și evoluție în timp ca la două caracteristici principale ale complexității.

Un alt grup de cercetători ai complexității sunt susținătorii *teoriei cuantice* care cred că natura probabilistă a mecanicii cuantice este responsabilă de existența complexității. Misterul nedefinirii ascuns în teoria cuantică a încântat deja multă lume și nu mereu într-o direcție bună.

O altă „zonă” a lumii - care se bucură de considerație – este explorată de cei care se așteaptă să găsească un anumit principiu de organizare care determină ivirea sistemelor complexe înalt organizate la mezo-scară. Acest principiu încă nu a fost descoperit dar existența sa este foarte posibilă. Există o foarte redusă cunoaștere a mezo-nivelului deoarece este prea mic pentru a fi observat direct dar prea mare pentru a fi calculat.

CONCLUZII

De obicei, adjectivul „complex” este asociat cu atributul „mare”. Lucrurile mici, în special sistemele microscopice, sunt complexe în aceeași măsură în care și sistemele alcătuite din lucruri mari sunt complexe. De aceea am concluzionat: complexitatea este în funcție de calitățile sistemului mai degrabă decât de mărime.

„Adevărata complexitate” a obiectelor reale este foarte dificil de studiat și de descris. Există multe motive care conduc la aceasta. Principalul motiv constă în faptul că niciodată nu interacționăm cu întreg sistemul, ci întotdeauna cu anumite aspecte ale sale, în anumite momente. Este similar problemei observării obiectelor care sunt prea mari, prea îndepărtate sau prea mici pentru a fi observate.

Complexitatea nu este în totalitate de necontrolat pentru știință. Măsurarea și contro-

lul complexității sunt probleme foarte dificile. Mai întâi de toate, complexitatea se arată sub două aspecte: cognitivă și ontologică. Pe scurt sistemele complexe sunt „complexe” în sine și este o problemă complexă cunoașterea lor.

BIBLIOGRAFIE:

Allen, P. M. (2001), *Models, Knowledge Creation and their Limits*, a paper presented at the NEXSUS Workshop on The Limits to Knowledge, Central European University, Budapest, June 23-24, 2001.

Bak, P., Tang, C., and Wiesenfeld, K. (1988), *Self - Organized Criticality*, *Physical Review A* 38,364.

Churchman, C. W. (1968), *The Systems Approach*, Dell Publishing Company, New York.

Cilliers, P. (1998), *Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems*, Routledge.

Edmonds, B. (1999), *Syntactic measures of complexity. Doctoral thesis*. University of Manchester, Manchester, UK.

Epstein, J. M. (1999), *Agent-Based Computational Model and Generative Social Science*, *Complexity*,4, 41-60.

Fuchs, L. (1996), *Filosofie III. Navrat kesenci*. Krystal OP. Praha

Goodwin, B.C. (1997), *Community, Creativity and Society*, *Soundings* 5: 111±23.

Heylighen F. (1997), *Publications on Complex, Evolving Systems: a citation-based survey*, *Complexity* 2 (5), p. 31-36.

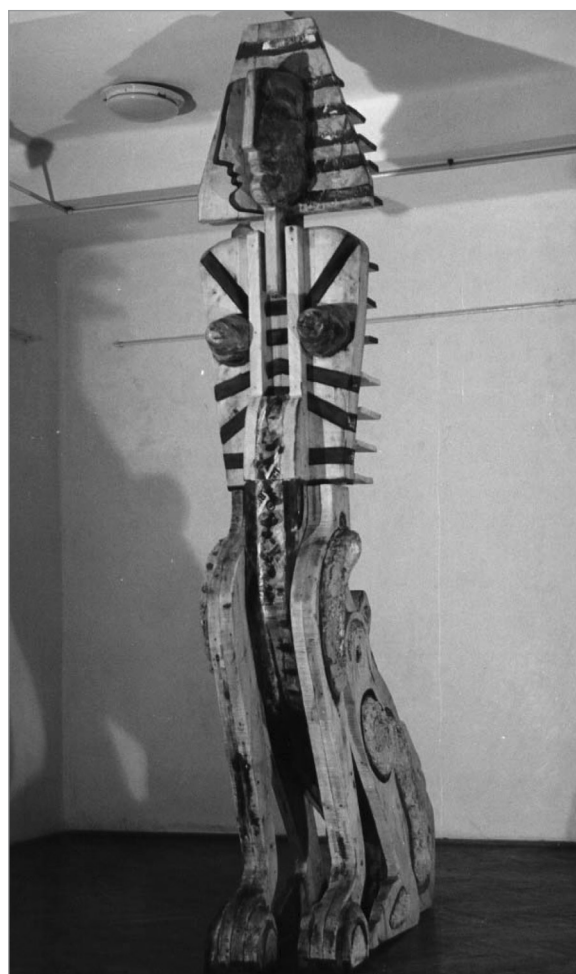
Heylighen F. (2000), *Foundations and Methodology for an Evolutionary World View: a review of the Principia Cybernetica Project*, *Foundations of Science*, 5, p. 457-490.

Heylighen F., P. Cilliers, & C. Gershenson (2007), *Complexity and Philosophy*, in: **Jan Bogg and Robert Geyer** (editors), *Complexity, Science and Society*, (Radcliffe Publishing, Oxford)

Holland, J. H. (1995), *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA

Ingold, T. (1990), *An Anthropologist Looks at Biology*, *Man* (NS) 25: 208±29.

Jencks, C. (1996), *The Architecture of the Jumping Universe, A Polemic: How Complexity Science is Changing Architecture and Culture*, revised edn. London: Academy Editions.



Kauffman, Stuart A. (1993), *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. (Oxford: OxfordUniversity Press).

Kauffman, Stuart A. (1995), *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*. (London: Viking).

Langton Ch. G. (1990), *Computation at the edge of chaos: phase transitions and emergent computation*, *Physica D*, 42, 1-3, pp. 12-37.

Patee, H.H. (1998), *Artificial life needs a real epistemology*, In: *Advances in artificial life*, Eds. F. Moran et al. Springer – Verlag, pp 23-38.

Popper, K., (1981), *Logica cercetării*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.

Rescher, N. (1998), *Complexity – A philisophical overview*. Transaction Publishers.

Stengers, I. (1997), *Power and Invention: Situating Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Thrift, N. (1999), *The place of complexity*. *Theory, Culture and Society* 16 (3): 31-69.

Waldrop, M. M. (1992), *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, London: Viking.