

PARADIGME INFORMAȚIONALE ÎN NEUROȘTIINȚE

Gabriel CRUMPEI¹, Alina GAVRILUȚ², Maricel AGOP³

crumpei.gabriel@yahoo.com; gavrilit@uaic.ro; m.agop@yahoo.com

ABSTRACT

We argue the ontological character of information, along with energy and substance, as well as the structural-phenomenological unity at all scales and levels of reality. We use an interdisciplinary, inductive-deductive methodology, within the broad framework of the naturalistic conception. We start from the current reality, which is the impact of information technology, information networks, virtual reality and artificial intelligence, insisting on the role of information in the gnosiological approach. The preponderance of the logical reductionist positivism in the scientific research and the exaggerated focus on the particle and high energy-physics, made possible that the problem of information be almost completely eluded. Even Shannon and Weaver's information theory considers information only from a quantitative viewpoint, and only through its relation to entropy and the second law of Thermodynamics. The development in the nonlinear dynamics field of chaos theory, fractal geometry and topology, and especially the spectacular development of information technology in the last two decades, needs a systematic analysis, including the defining of information and its importance in the structuring of reality along with energy and substance. From this perspective, all our concepts, starting from physical reality to psychological imaginary reality, can be coherently understood through the same paradigms, irrespective of whether we are talking about the conservation law, the Euclidean dimension, fractal or topological dimension or the multidimensional processing mechanism through syntactic, semantic, pragmatic and hermeneutic processing of the human and artificial language and knowledge in general. This informational paradigm assumes the existence of a functional, phenomenological, potential background represented by information and which can be mathematically modeled through topology. The semantic emergent logic (semantic emergent topology when applied to the reality structuring) can help to elucidate the old mind-brain dualism, with solving other paradoxes, particularly the theory of emergence.

KEYWORDS: information; semantic logic; axiomatic systems; topology.

I. Provocări epistemologice

1. Introducere

În această lucrare, ne propunem o abordare transdisciplinară și multidisciplinară, din perspectiva fizico-matematică a diferitelor teorii și ipoteze din neuroștiințe, cu aplicabilitate în sfera psihologiei și având conexiuni cu sociologia, antropologia, filosofia.

Argumentăm caracterul ontologic al informației, alături de energie și substanță, precum și unitatea structural-fenomenologică la toate scalele și nivelurile realității. Astfel, extrapolarea principiilor și teoriilor folosite în tehnologia informației asupra psihismului a generat numeroase ipoteze (de exemplu, modelul computațional al cogniției).

Evidențiem rolul *informației* în integrarea concepțiilor noastre asupra realității și al *topologiei* ca instrument de modelare matematică a informației în dinamica materiei. Aceasta presupune o abordare dinamică, structural-fenomenologică, dintr-o perspectivă multidisciplinară, pornind de la tehnologia informației de astăzi și a ultimelor teorii din a doua jumătate a secolului XX, legate de dinamica neliniară, geometrie fractală, topologie și teoria sistemelor complexe.

¹ Profesor universitar asociat, Centrul de Studii Transdisciplinare, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Iași; Centrul de Psihiatrie, Psihoterapie și Consiliere, Iași.

² Lector universitar doctor, Facultatea de Matematică, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Iași; Centrul de Studii Transdisciplinare, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Iași.

³ Profesor universitar doctor, Departamentul de Fizică, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași; Centrul de Studii Transdisciplinare, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Iași.

Analizăm din punct de vedere epistemologic spațiul real din perspectiva științelor moderne, dar și spațiul complex matematic, aducând argumente că și spațiul complex considerat a fi abstract este de fapt un spațiu fizic, are semnificație fizică și ar trebui adăugat spațiului real, într-o viziune lărgită a “realului”.

Punctăm rolul sistemelor axiomatice descrise în cadrul matematicii, ca mecanism implicat în perceperea și cogniția realității. Folosim sisteme axiomatice din diferite modele fizico-matematice ce stau la baza epistemologiei, pentru a le extrapola asupra unor mecanisme și concepte psihologice implicate în percepția și cogniția umană.

Sintaxa, semantica, pragmatica, dar și abordarea hermeneutică și holistică reprezintă mecanisme logice/mai degrabă, abordări (ce sunt mereu logice) ce pot explica procesele psihice superioare, precum abstractizarea, conceptualizarea, generalizarea, simbolizarea și metafora. Toate acestea sunt folosite în procesul narativ dintotdeauna, dar nu au fost analizate dintr-un punct de vedere holist care ține de structurarea realității, atât a realității fizice cât și a celei psihice.

Paradigma informației, care este impusă de evoluția actuală a cunoașterii, ridică adevărate provocări filosofiei, nu doar din punct de vedere epistemologic, ci și din perspectivă ontologică. Dezvoltarea rapidă a informaticii și a tehnicii de calcul așteaptă din partea filosofilor abordarea teoretică necesară, impusă de această evoluție.

2. Matematica sistemelor axiomatice în perceperea cognitivă a realității

În această secțiune, evidențiem rolul sistemelor axiomatice descrise în cadrul matematicii, ca mecanism implicat în perceperea și cogniția realității. Folosim sisteme axiomatice din diferite modele fizico-matematice ce stau la baza epistemologiei, pentru a le extrapola asupra unor mecanisme și concepte psihologice implicate în percepția și cogniția umană^{4,5,6}. Pornim de la o evaluare a sistemelor axiomatice ale antichității, insistând pe sistemul numeric al lui Pitagora și cel geometric al lui Euclid, continuând cu tendința de axiomatizare a matematicii încercate de Hilbert și teoria incompletitudinii a lui Gödel, dar și cu paradoxurile fizicii cuantice și ale dualității undă-corpusul, pentru a regăsi aceeași nevoie de axiomatizare în diferitele teorii psihologice, precum și în noile descoperiri din neuroștiință.

Evidențiem o unitate axiomatică ca principiu gnoseologic, atât în evoluția cunoașterii în timp, dar și de-a lungul nivelurilor realității din diferite paradigme.

Toate acestea arată importanța abordării multidisciplinare, interdisciplinare și chiar transdisciplinare pentru a reliefa paradigmele axiomatice ce unesc realitatea cu subiectul, obiectul cu observatorul, mintea cu corpul, într-o viziune naturalistă ce poate genera noi ipoteze în cunoaștere.

Necesitatea unor sisteme axiomatice pentru înțelegerea rațională a realității a apărut încă din antichitate. Ele au fost schițate în antichitate, Pitagora fiind cel care construiește un veritabil sistem axiomatic bazat pe numere. Cel mai mare răsunset în știință și cunoaștere l-a avut sistemul axiomatic euclidian, care persistă și în zilele noastre, chiar dacă este completat de axiomele geometriei neeuclidiene. Hilbert și-a propus o axiomatizare completă a matematicii, fiind oprit în elanul său de Teoria Incompletitudinii formulată de Gödel.

⁴ Hazewinkel, M., *Axiomatic method*, Encyclopedia of Mathematics, Springer, 2001.

⁵ Weisstein, E.W., *Axiomatic System*, From MathWorld—A Wolfram Web Resource, Mathworld.wolfram.com.

⁶ Whitehead, A.N., Russell, B., *Principia Mathematica*, Vol. I, Cambridge University Press, 1963.

Nevoia de axiomatizare nu este prezentă doar în abordarea matematică. Este o necesitate generală a capacității gnoseologice a omului, care permite astfel cunoașterea.

Gestalt psihologia a adus argumente legate de un mecanism topologic de procesare a informațiilor, care conduce la un sistem axiomatic în baza căruia sunt procesate informațiile. Acest sistem axiomatic construiește ceea ce psihologii denumesc nucleul de credințe, convingeri și certitudini, care stau la baza cunoașterii și înțelegerii realității. El este diferit de la o etapă istorică la alta, de la o cultură la alta, de la o comunitate la alta și chiar de la un individ la altul.

Paradoxurile ridicate de fizica cuantică încă de acum un secol pot fi înțelese din această perspectivă axiomatică, ce presupune o coerență între reprezentările mentale, și deci așteptările noastre, și sistemul fizic al realității care, din infinitatea de variante, o dezvăluie pe aceea cu care mintea noastră intră în coerență. Astfel pot fi înțelese aspectele paradoxale oferite de experimentul fantelor și, în general, dualitatea undă-corpusul, care a stârnit atâtea controverse. E nevoie de o schimbare axiomatică în mintea noastră pentru a descoperi apoi realitatea din perspectiva acestor noi axiome. Câtă vreme oamenii și-au extins arealul doar la ce puteau parcurge cu pasul sau cu ajutorul unor animale, axioma Pământului plat era cea care se impunea în mod firesc. Abia călătoriile de anvergură ale marilor exploratori au condus spre realitatea unui Pământ rotund. Geocentrismul a fost concepția dominantă timp de sute de ani. Abia când au apărut niște îndoieli datorate descoperirii de noi instrumente (lunetele lui Galilei sau calculele lui Copernic), s-au constituit treptat, în mințile savanților epocii, noi paradigme care au condus la concepția heliocentrică, cu corecțiile făcute de Kepler privind orbitele, culminând cu teoria coerentă a lui Newton referitoare la realitatea fizică. Apariția unor noi paradoxuri la sfârșitul secolului XIX, bazate pe anumite experimente – în cazul electromagnetismului, de exemplu – sau pe noi concepte matematice – geometriile neeuclidiene, a generat construirea unor noi axiome care au permis dezvoltarea teoriei relativității speciale și generale, și a mecanicii cuantice.

Toate aceste exemple nu sunt specifice doar cunoașterii științifice (fie ea matematică, fizică sau logică), ci și celorlalte forme de cunoaștere (filosofică, religioasă, artistică), ceea ce presupune ca metodologia multidisciplinară sau chiar transdisciplinară să constituie cea mai potrivită abordare în cunoașterea realității, sub toate aspectele ei axiomatice. Din perspectiva sistemelor informatice, lucrurile sunt clare. Dacă în sistemul informatic nu se găsește *soft*-ul potrivit, atunci programul nu este recunoscut, deci nu poate fi prelucrat și, în concluzie, nu există. Situația este similară cazului antropologic, în care, arătându-li-se unui trib de băștinași din Amazonia filme prezentând aspecte ale lumii moderne, respectivii nu au reținut și înțeles decât stolurile de porumbei din piața San Marco, întrucât în reprezentările lor, doar astfel de stoluri de păsări erau aspecte comune cu cele prezentate din lumea modernă. Tot astfel se explică și marile neînțelegeri și lipsa de acceptare în confruntările de astăzi, în era globalizării și a emigrației, între culturi și religii diferite.

3. Informația, ca entitate ontologică alături de substanță și energie

Argumentarea noastră pornește de la realitatea cotidiană legată de impactul tehnologiei informației, a rețelelor informatice, a realității virtuale și a inteligenței artificiale, asupra rolului informației în demersul gnoseologic. Preponderența unui pozitivism logic reduționist în cercetarea științifică, accentul exagerat pus pe fizica particulelor și a energiilor înalte, precum și un anumit blocaj axiomatic legat de existența imaterialului, au făcut ca problema informației să fie aproape în totalitate eludată. Teoria informației a lui Shannon și Weaver privește informația doar din punct de vedere cantitativ și doar în relație cu entropia și legea a doua a termodinamicii. Evoluțiile din ultimele decenii ale secolului XX în domeniul dinamicii neliniare, a teoriei haosului, geometriei fractale și topologiei, dar mai ales avântul informaticii din ultimele două decenii, obligă o aplecare

sistematică asupra definirii informației și a importanței ei în structurarea realității alături de energie și substanță⁷.

Din această perspectivă, toate conceptele noastre, de la realitatea fizică până la realitatea imaginară psihică, pot fi înțelese în mod coerent prin aceeași paradigmă, indiferent dacă este vorba de legea conservării, dimensiunea fractală, euclidiană și topologică sau mecanismul de procesare multidimensională prin prelucrarea sintactică, semantică, pragmatică și hermeneutică a cunoașterii umane.

Această nouă paradigmă este paradigma informațională, ce presupune existența unui substrat funcțional, fenomenologic, potențial, reprezentat de informație și care poate fi modelat matematic cu ajutorul topologiei.

În cadrul tehnologiei computaționale, suntem obligați să conferim informației locul cuvenit în contextul ontologic, și anume în triada substanță-energie-informație. Debutul secolului al XX-lea a deschis, prin teoria relativității, calea cunoașterii dinamicii dintre energie și substanță, fizica cuantică aducând elemente noi privind constituenții aflați la baza realității.

Din perspectiva pe care ne-o oferă astăzi evoluția cunoașterii științifice, pare greu de înțeles insistența asupra dualității undă-corpusul⁸, care a suscitat atâtea interpretări, eludând însă problema informației. O anumită inerție în schimbarea structurii axiomatice, în epistemologie, face ca mare parte dintre cercetători să nu implice nici astăzi informația în modelele fizico-matematice cu care operează. Dar este tot mai clar că vechile ipoteze de acum o sută de ani legate de variabilele ascunse, potențialul subcuantic, potențialul cuantic sau potențialul fractal de astăzi, descriu de fapt informația, implicată în toate fenomenele structurale și dinamice ale materiei.

Din punctul de vedere al tehnologiei informației, lucrurile sunt foarte clare. Poți primi un email din Australia, cu un *attachment* care îți permite cu ajutorul unei imprimante 3D să construiești o vază, drept cadou de la respectivul prieten de peste mări. Este evident că informațiile trimise prin câmp electromagnetic au generat obiectul pe care îl ții în mână.

Fără îndoială, softul conține toate instrucțiunile către calculator și imprimantă pentru construirea unui corp cu aceeași formă cu cel conceput inițial. Nu este o teleportare în adevăratul sens al cuvântului, deoarece nu se transmite materia, nu se transmite configurația atomilor și a moleculelor constituenți ai vasei, ci doar configurarea tridimensională utilizând materia cu care lucrează imprimantă. De fapt, chiar experimentele de teleportare încercate astăzi se adresează deocamdată structurilor simple (fotoni, atomi sau molecule), dar și în acest caz se pornește de la mecanismul de *entanglement*, ce presupune o legătură informațională între două particule ce au interacționat la un moment dat și au rămas conectate informațional (vezi secțiunea 7.3). Dualitatea undă-corpusul arată că și la nivel de corpusul toată informația particulei (proprietățile particulei) este în undă, care, prin colapsarea formulei de undă structurează particula (vezi secțiunea 7). Din perspectivă informațională, vechea discuție legată de dualitatea undă-corpusul impune totuși o abordare filosofică legată tocmai de rolul ontologic al informației.

⁷ Barabassy, A.L., *Bursts: The Hidden Pattern Behind Everything We Do*, Penguin Group (USA) Inc., 2010.

⁸ Heisenberg, W., *The Physical Principles of the Quantum Theory*, Courier Dover Publications, 1949.

4. Topologia informatică, instrument de integrare a realității

Topologia s-a născut ca parte a matematicii prin formalizarea transformărilor continue ale corpurilor geometrice, dar s-a extins apoi asupra transformărilor structurale, și chiar a structurii spațiului. Avem astăzi topologia algebrică, geometrică, diferențială. Din punctul de vedere al tehnologiei informației, care privește lucrurile pragmatic și nenuanțat, sunt descrise topologia fizică (structura microcipurilor) și topologia logică (*soft*-ul sau programul). Se întrevăd două aspecte ce trebuie analizate. Este topologia o logică aplicată, după cum lasă să se înțeleagă tehnologia informației? Al doilea aspect privește specificul informației, care este structurată logic, algoritmic și semantic, și care are nevoie de o formă de topologie specifică, topologia informației.

Evidențiem așadar rolul *informației* în integrarea concepțiilor noastre asupra realității și a *topologiei* ca instrument de modelare matematică a informației în dinamica materiei.

De la mijlocul secolului trecut, teoria informației a lui Shannon și Weaver surprinde doar aspectul cantitativ, prin asocierea informației cu entropia și legea a doua a termodinamicii. Abia limbajele artificiale și tehnologia informației au pus în valoare aspectul calitativ al informației.

Topologia de rețea, ca și topologia nodurilor din tehnologia informației, scoate în evidență un lucru aparent surprinzător, și anume că topologia este instrumentul matematic potrivit pentru formalizarea informației. De aceea, definirea topologiei informației ar putea reprezenta modalitatea de cuprindere a informației sub aspectul său calitativ, fiind calea de unificare a realității și cogniției prin intermediul informației. Cu patru sute de ani în urmă, Galileo Galilei susținea că realitatea poate fi scrisă în limbaj matematic. În 2014 un fizician cunoscut, Max Tegmark, a scris o carte cu titlu edificator – *Universul Nostru Matematic*. Domeniul fizicii stringurilor dezvoltat în ultimele patru-cinci decenii își asumă rigoarea de a descrie, prin modelări fizico-matematice, structura realității la dimensiuni mai mici decât scara Planck. Acest domeniu folosește ca instrument matematic topologia și procesarea multidimensională într-un efort de a extinde limitele matematicii prin noi teorii (de exemplu, teoria M acceptă unsprezece dimensiuni). Aceleași principii legate de topologia de rețea, topologia nodurilor și topologia multidimensională se întâlnesc în domeniul biochimiei și biologiei, inclusiv al acizilor nucleici, ale căror configurații topologice și structuri multidimensionale ascund de fapt topologia informațională ca formă de aplicare în dinamica realității a logicii informaționale. Toate aceste domenii din știință și tehnologie pornesc de la premisa că tot ceea ce există, de la particule elementare la cosmos, are la bază informația, care poate fi formalizată în logică simbolică, matematică, și în particular topologie. Aceste formalizări surprind atât dinamica informației, între undă și corpuscul, cât și dinamica de transformare a materiei, nu numai în spațiul tridimensional, dar și în cel multidimensional.

Topologia a apărut ca o ramură a matematicii la sfârșitul secolului 18 în lucrarea lui Leonard Euler referitoare la problema legată de podurile din Königsberg. Topologia s-a dezvoltat ca formalizare a matematicii referitoare la transformările continue ale corpurilor geometrice (topologie geometrică), dar și ca modificări ale structurii materiei (topologie algebrică), precum și ca necesitate de a surprinde transformările continue ale spațiului (topologie diferențială). Acestea sunt cele trei mari subdomenii ale topologiei pe care matematica le descrie. Fizicienii, din necesitatea de a modela anumite procese și fenomene, descriu o mare varietate de forme de topologie specifice. Informaticienii sunt mult mai restrictivi, vorbind de o topologie fizică (configurația microcipurilor în structura calculatorului - hardware) și topologie logică (logica algoritmică în care informațiile parcurg aceste cipuri - software).

Laureații premiului Nobel 2016, David Thouless, Duncan Haldane și Michael Kosterlitz, au deschis o nouă perspectivă în ceea ce privește diferitele stări ale materiei. Premiul a fost acordat pentru descoperirile teoretice despre fazele tranzițiilor topologice și fazele topografice ale materiei. Utilizând metode matematice avansate, aceștia au studiat stările materiei, cum ar fi

superconductorii, superfluidele sau straturile magnetice. Aceste descoperiri de ultimă oră arată o dată în plus importanța topologiei în studierea realității și resursele pe care topologia le deține, în continuare, în cercetare.

Performanțele tehnologiei informației și principiile pe care acestea se bazează conduc la concluzia că informația, care poate fi formalizată logic, matematic, stă la baza realității; altfel spus, topologia informației determină structura și dinamica materiei, a tot ceea ce există.

Odată cu explozia tehnologiei informației din ultimele decenii, se conturează tot mai puternic un paradox în epistemologia ultimelor decenii. Continuăm să vorbim, de o sută de ani, despre substanță și energie, undă și corpuscul, am construit numeroase ipoteze și teorii, având însă în permanență senzația că ceva scapă. Ipotezele variabilelor ascunse, a potențialului cuantic, potențialului subcuantic, potențialului fractal, teoria conservării, ruperile spontane de simetrie, dinamica sistemelor complexe și natura fenomenului de emergență sunt tot atâtea concepte care nu pot fi bine definite fără implicarea informației ca o componentă esențială, alături de substanță și energie, în structurarea realității.

Ca o dovadă că informația este implicată în toate procesele, la toate scalele și nivelurile realității, stă însăși dificultatea definirii informației^{9,10}. În mod surprinzător, concomitent cu descoperirea importanței informației în ultima jumătate a secolului al XX-lea, s-a dezvoltat un alt concept matematic – topologia.

Astăzi, abordarea topologică este folosită de la teoria stringurilor la teoria câmpului cuantic, de la dinamica fluidelor și a sistemelor complexe până la teoriile relativiste ce presupun o topologie diferențială, riemanniană. Practic, la fel ca informația, topologia este prezentă la toate scalele și nivelurile realității. De aceea, definirea topologiei informației ar putea reprezenta modalitatea de cuprindere a informației sub aspectul său calitativ și o cale de unificare a realității prin intermediul informației (din punct de vedere al formalismului matematic).

5. Matematică și realitate, spațiu complex și spațiu real

În această secțiune, analizăm din punct de vedere epistemologic spațiul real din perspectiva științelor moderne, dar și spațiul complex matematic, aducând argumente că și spațiul complex, considerat a fi un spațiu abstract, este de fapt un spațiu fizic, are semnificație fizică, și ar trebui adăugat spațiului real într-o viziune lărgită a *realului*. Această viziune lărgită trebuie să introducă și informația, ca și categorie ontologică, care își găsește locul atât în spațiul real sub formă de informație structurată, cât și în spațiul complex sub formă potențială, infinit dimensională, holistică.

Despre spațiul real, sub toate aspectele sale, conexiunea cu spațiul realității fizice, cu spațiul imaginar sau cel transcendent, s-a ocupat filosofia de la începuturile ei, și continuă să fie interesată. Teoria relativității, ca și mecanica cuantică, au obligat filosofii să reconsidere ceea ce numim spațiu real.

Ultimele cercetări în domeniul teoriei informației cuantice ridică serioase probleme teoretice care implică paradigme noi legate de informație, de transformarea energiei în substanță, și referitoare la dinamica în general, la nivel cuantic.

Dacă conferim o existență reală în general informației imateriale dintr-un *soft* alături de *hardware*, atunci putem accepta existența spațiului complex, unde se pare că informația este la nivel potențial, sub formă de realitate implicită¹¹, un spațiu fizic alături de spațiul real, cu care este într-o permanentă legătură dinamică.

⁹ Stonier, T., *Information and the Internal Structure of the Universe*, Springer Verlag, London, 1990, pp. 155.

¹⁰ Weaver, W., Shannon, C.E., *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. of Illinois Press, 1963.

¹¹ Bohm, D., *Meaning And Information*, In P. Pykkänen (ed.), *The Search for Meaning: The New Spirit in Science and*

În fizică și matematică se face o distincție netă între ecuațiile ce descriu spațiul real și cele ce descriu fenomene abstracte, care nu ar exista în realitate. Lucrurile nu sunt deloc simple. Evoluția cunoașterii în fizică a făcut ca *realul* să fie extins asupra unor domenii guvernate de legile relativității sau ale mecanicii cuantice, care treptat și-au găsit locul în ceea ce denumim spațiu real. Geometriile neeuclidiene și mai ales geometria riemanniană erau considerate pure abstracțiuni până când Einstein le-a inclus în teoria relativității, care este valabilă la viteze și câmpuri gravitaționale mari. La fel s-a întâmplat și cu ecuația formulei de undă a lui Schrödinger, care a fost în final considerată a avea semnificație fizică, și deci descriind fenomene observabile în realitate. Pentru ca o formalizare matematică să aibă semnificație fizică trebuie ca aceasta să ilustreze o teorie care oferă predicții ce pot fi testate empiric. Chiar dacă în timp modelul fizico-matematic respectiv va fi înlocuit sau inclus într-o teorie mai amplă, acesta s-a dovedit a fi funcțional, modelând realitatea în anumite grade de aproximare. În opinia noastră, o teorie completă a informației trebuie să confere analizei complexe și spațiului complex o semnificație fizică, cu rol în dinamica informației, între undă și corpuscul, de-a lungul întregii realități. Teoretic, fizicienii consideră că în undă informația este stocată în faza acesteia, care este descrisă de vectorul magnetic a cărui dinamică se realizează în planul fazei. Acest plan este descris de numere complexe, este un plan complex conectat la spațiul complex. Însăși formula de undă a lui Schrödinger funcționează într-un spațiu formalizat matematic de David Hilbert, care a introdus noțiunea de spațiu Hilbert, caracterizat printre altele și de proprietatea de a putea fi, în anumite situații, infinit dimensional. Acesta este un spațiu abstract vectorial care prin factorizare permite construirea altor spații, inclusiv cel euclidian. Spațiul Hilbert, chiar dacă este un spațiu abstract, poate avea semnificație fizică atunci când ne referim de exemplu la spațiul funcțiilor de undă. El reprezintă interfața între spațiul real și spațiul complex, permițând dinamica dintre cele două spații prin intermediul funcției de undă.

Ca urmare, existența acestui spațiu fizic, la interfața cu spațiul real prin intermediul spațiului Hilbert, înseamnă că el conține spațiul real *la nivel potențial, atemporal și aspațial* (realitatea implicită a lui Bohm). Astfel, acest spațiu este constituit de informație înainte de a fi substanță și energie, concluzionând că în acest spațiu și în această interfață se constituie contextul imaginației umane, al creativității, al psihismului.

Spațiul complex, descris de matematică de sute de ani, a fost considerat și continuă să fie un spațiu abstract, imaginar, chiar dacă îi este atribuit un întreg domeniu al matematicii și chiar dacă fizica modernă și noile tehnologii nu pot fi descrise formal fără trimitere la acest spațiu.

Spațiul complex și analiza complexă au fost definite treptat de matematicieni, începând cu Cardano, cel care a emis noțiunea de numere imaginare în secolul al XVII-lea. Așa cum la origine cuvântul informație însemna „a da formă”, a forma, a construi *pattern*-uri structurate topologic, tot astfel, denumirea dată inițial de Cardano de „numere imaginare” nu este doar o metaforă, ci o intuiție menită să conducă la formalizarea imaginarului prin numerele complexe și, în general, analiza complexă.

Modelele matematice utilizate în descrierea radiației corpului negru, electromagnetism, mecanică cuantică, dinamică neliniară și, în general, dinamica sistemelor complexe, folosesc numerele complexe, analiza complexă în mai toate contextele, teoretice și tehnologice.

Electronica și electrotehnica, ca și unele din tehnologiile cele mai avansate (rezonanța magnetică nucleară) folosesc analiza Fourier, având drept instrumente de bază numerele complexe și implicit tot arsenalul analizei complexe. Nu în ultimul rând, fiziologia percepției folosește analiza Fourier pentru evidențierea mecanismelor percepției și ale reprezentării (inputul senzorial este

oscilatoriu, urmând o etapă de stimulare corpusculară, apoi una de prelucrare și reprezentare spectrală).

Noțiuni cum ar fi pseudo-particulele sau anyonii, precum și mecanismul modulării informației în undă, rolul vectorului magnetic din cadrul fazei undei în preluarea informației, precum și al funcțiilor complexe în transferul acesteia la nivelul fazei sugerează existența unei permanente dinamici între spațiul real și spațiul complex, având ca interfață axiomatice spațiul Hilbert al funcțiilor de undă. În acest spațiu se pot descrie axiomatice, prin factorizare, proprietățile specifice altor spații (euclidiene sau neeuclidiene), inclusiv ale spațiului complex, infinit dimensional.

În final, aducem ca argument însăși formula funcției de undă a lui Schrödinger, care poate fi scrisă sub formula imediat următoare, în care se evidențiază partea reală și partea imaginară.

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(\mathbf{x}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi(\mathbf{x}, t)$$

Clasicii teoriei cuantice au discutat îndelung dacă ecuația formulei de undă are sau nu semnificație fizică. Au convenit că această formulă are semnificație în realitatea fizică. De atunci, pe baza acestui concept, dar și a celorlalte legate de mecanica cuantică, s-a dezvoltat toată tehnologia electronică și apoi informatică de astăzi. Modelele fizico-matematice care au stat la baza dezvoltării acestei tehnologii au folosit numerele complexe, nu doar legat de formula de undă a lui Schrödinger, ci și întreaga analiză complexă, în analiza Fourier, geometria fractală etc. În definitiv, dacă formula de undă a lui Schrödinger are semnificație fizică, atunci și partea ei imaginară formată din numere complexe are semnificație fizică. Matematicienii susțin indubitabil că, de fapt, mulțimea numerelor reale este inclusă în mulțimea numerelor complexe. Altfel spus, spațiul complex include spațiul real, adică spațiul complex este un spațiu fizic ce include spațiul real.

II. De la semiologia limbajului la sistemul semantic al creierului

6. Sistemul semantic al creierului

Cercetările din ultimul secol au făcut ca semiologia, ca domeniu al filologiei, care studia semnificațiile limbajului natural, să fie extrapolată prin semiotică ca știință a semnificațiilor semnelor, în foarte multe domenii ale științelor sociale și umaniste, dar și în științele naturale și tehnologia informației. Astăzi se vorbește de web semantic, algoritmi semantici și logică semantică, având finalitatea de a construi programe și sisteme care țin de inteligența artificială.

În același timp, semantica informației este un domeniu de cercetare a cogniției umane, pornind de la realitatea că limbajul este expresia gândirii, iar studierea semanticii limbajului reprezintă o analiză a procesării specific umane. Sintaxa, semantica, pragmatica, ca și abordarea hermeneutică și holistică reprezintă mecanisme logice ce pot explica procesele psihice superioare, precum abstractizarea, conceptualizarea, generalizarea, simbolizarea și metafora. Toate acestea sunt folosite în procesul narativ dintotdeauna, dar nu au fost analizate în perspectivă holistică care ține de structurarea realității, atât a realității fizice, cât și a celei psihice.

Noile abordări în psihologia cognitivă, și în general în neuroștiințe, au în prim plan informația și modul în care, pornind de la date, *informația devine ansamblu de cunoștințe* ce pot descrie realitatea.

Dincolo de aspectul cantitativ pe care îl are informația, prezent în teoria informației a lui Shannon și Weaver, din punct de vedere psihologic este importantă componenta calitativă a acesteia. Această componentă calitativă este dată de semnificația ei. De aceea, semiologia și semiotica, sensul și semantica, sunt noțiuni reluate astăzi dintr-o altă perspectivă, nu doar cea filologică. Aceasta a condus

la dezvoltarea semiologiei, ca modalitate de analiză a textului. Astăzi, informația semantică este o sintagmă analizată atât de filosofi, dar și de informaticieni (informație semantică, web semantic, ontologii).

Aspectele semantice ale informației devin foarte importante și pentru psihologi deoarece structura și modul în care funcționează sistemul nervos impun această abordare. Structurile nervoase, de la periferie la scoarța cerebrală, conțin nucleii nervoși supraetajați, de complexitate crescândă, de la măduva spinării la bulb și trunchiul cerebral, apoi la diencefal și centrii subcorticali. Informația suferă completări, de la simplele date binare, combinate în frecvențe și amplitudini, până la structuri informaționale tot mai complexe, care ajung, la nivelul scoarței cerebrale, să creeze imagini prin mapare, folosite pentru reprezentările noastre asupra realității.

Înțelesul limbajului este reprezentat în regiuni ale cortexului cerebral, îndeobște denumit sistemul semantic. Până acum, a fost cartografiată o mică parte din sistemul semantic, selectivitatea semantică a celor mai multe regiuni rămânând necunoscută. În aprilie 2016, Gallant *et al.*¹² de la Universitatea din Berkeley au publicat în revista *Nature* un studiu în care au cartografiat sistematic selectivitatea semantică în diferite regiuni din cortex utilizând “voxel-wise” în cadrul cercetării cu RMN funcțional. Subiecții au fost supuși unor narațiuni pe care le-au ascultat de-a lungul a câteva ore, fiind evidențiată organizarea sistemului semantic în *pattern*-uri stabile de la un individ la altul. Au fost apoi folosite modele narrative generative pentru a crea în detaliu un atlas semantic. Rezultatele sugerează că multe arii din sistemul semantic reprezintă informații legate de domenii specifice semantice sau grupuri de concepte aflate în relație, care sunt poziționate în arii cerebrale legate de semnificațiile multiple pe care noțiunile și conceptele le pot avea.

Scopul studiului¹² a fost de a structura modul în care creierul reprezintă semnificația (sau “conținutul semantic”) al limbajului. Majoritatea studiilor anterioare privind limbajul și creierul s-au bazat pe cuvinte și propoziții izolate. Gallant *et al.*¹² au folosit stimuli de scenariu narativ deoarece s-a dorit conturarea întregii game de concepte semantice într-un singur studiu. Aceasta a făcut posibilă realizarea unei hărți semantice pentru fiecare individ, care să arate care zone anume din creier reacționează la cuvinte similare ca semnificație sau conținut semantic. Un alt scop al acestui studiu a fost crearea unui atlas semantic prin combinarea datelor de la subiecți multipli, arătând care părți din creier reprezentau informații similare dar în contexte / arii tematice diferite.

Studiul¹² nu a avut drept scop testarea unei singure ipoteze sau adresarea unei simple întrebări. S-a dorit constituirea exhaustivă a reprezentării semnificației, sau a informației semantice în limbaj narativ, de-a lungul întregului cortex cerebral. Hărțile care au rezultat arată că informația semantică este reprezentată în șabloane complexe distribuite de-a lungul mai multor regiuni largi ale cortexului. Mai mult, fiecare dintre aceste regiuni conține multe zone distincte care sunt selective pentru tipuri speciale de informație semantică, de exemplu oamenii, numerele, proprietățile vizuale sau locurile. De asemenea, s-a descoperit că aceste hărți corticale sunt relativ similare la persoane diferite, până în cele mai mici detalii.

Aceste hărți semantice ne pun pentru prima dată la dispoziție o hartă detaliată a modului în care este reprezentată semnificația pe toată suprafața cortexului uman. În loc ca limbajul să fie limitat doar la o serie de zone ale creierului, descoperim că acesta activează arii destul de vaste ale creierului. De asemenea, descoperim¹² că aceste reprezentări sunt bilaterale: reacțiile din emisfera cerebrală dreaptă sunt aproximativ la fel de mari și de variate ca și reacțiile din emisfera stângă.

¹² Huth, A.G., de Heer, W.A., Griffiths, T.L., Theunissen, F.E., Gallant, J.L., *Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex*, *Nature*, 453–458, 2016, DOI:10.1038/nature17637.

Continuarea cercetărilor în acest domeniu, ca și abordarea legată de logica semantică¹³ pot conduce la noi teorii legate de funcționarea componentei mentale a sistemului psihic.

7. Logica emergent semantică

La această oră avem două abordări separate, dar complementare: un sistem semantic al creierului, descris prin tehnicile moderne ale RMN-ului funcțional, programe statistice și prelucrări informatice pe de o parte, iar pe de altă parte, o studiere a semanticii limbajului și un studiu semiologic al semnelor în general pe parcursul ultimului secol. Având în vedere că limbajul stă la baza proceselor psihice superioare (logica limbajului exprimă logica gândirii) se impune o teorie care să explice această legătură între gândire și limbaj. Dacă noua evidențiere a sistemului semantic al creierului descrie localizarea semnificațiilor polisemantice ale cuvintelor în structurile neuronale (*hardware-ul semantic*), este necesar să ne aplecăm asupra programului care utilizează această structură neuronală (*software-ul semantic*).

În concepția noastră, acest program presupune descrierea unei logici speciale, logica semantică¹⁴. Din motive de coerență, această logică este folosită atât în structurarea creierului ca sistem complex emergent, cât și în structurarea minții semantice. Aceasta este *logica emergent semantică*.

Există deci o informație pe care o denumim *informație emergent semantică*. Logica aferentă pe baza căreia se structurează această informație o vom denumi *logică emergent semantică*. Aceasta este diferită de logica bivalentă, dar și de cea multivalentă sau logica fuzzy, întrucât valorile care pot fi adevărate nu pot fi evaluate probabilistic, ci sunt condiționate de valoarea lor semantică.

7.1. Informația în dualitatea undă-corpusul

Semnificarea se realizează prin raportarea conținuturilor informaționale de la niveluri mai puțin complexe către niveluri mai complexe, realizând *unitatea* din punct de vedere informațional între digital și analog, între discret și continuu, între fragmentar și holistic.

Baleierea între structuri tot mai complexe are la bază corelația între corpusul și unda corespunzătoare. Pornind de aici, de la acest fenomen prezent în dualitatea undă corpusul¹⁵, a fost conceput un sistem matricial pentru a descrie corpusul, echivalent cu ecuația de undă a lui Schrödinger, și care include informația ce alternează între informația structurată spatio-temporal din corpusul și aceeași informație distribuită în “structura (conținutul)” undei. Astfel, se realizează nuanțarea topologică a informației între cei doi poli, cel al fragmentarului, discretului, digitalului pe de o parte, și cel al holisticului, continuumului și analogicului din undă (formula de undă a lui Schrödinger este echivalentă cu formula matricială a lui Heisenberg) de cealaltă parte.

În timp ce corpusul păstrează proprietăți individuale care conduc la legături explicite (forțele tari, forțele slabe, forțele electromagnetice, gravitația cuantică), undele corespunzătoare acestor particule se suprapun prin modulare în *unde ce conțin toată informația dispersată continuu*. Acest aspect care provine din proprietățile undelor pe de o parte și ale corpusculilor pe de altă parte,

¹³ Crumpei, G., Gavriluț, A., Crumpei Tanasă, I., Agop, M., *New Paradigms on Information, Mind and Reality. A Transdisciplinary Perspective*, Junimea Publishing House, Iași, 2016.

¹⁴ Martin, J.N., *Epistemic semantics for classical and intuitionistic logic*, Notre Dame J. Formal Logic, Vol. 25, No. 2 (1984), 105-116.

¹⁵ Heisenberg, W., *The Physical Principles of the Quantum Theory*, Courier Dover Publications, 1949.

precum și cel al dualității undă corpuscul, conduc la concluzia că toate structurile corpusculare, de la cele nucleare până la cele atomice, moleculare și macromoleculare dețin informația atât în conținutul structurii acestor formațiuni corpusculare, cât și în undele corespunzătoare, unde informația se regăsește în modularea undelor pe măsura constituirii structurilor spațio-temporale.

În concluzie, orice structură corpusculară din spațiu-timp tridimensional prezintă un echivalent informațional dispersat în undele modulate, corelate cu structura corpusculară spațio-temporală. Corelația dintre undă și corpuscul se păstrează de-a lungul constituirii structurilor corpusculare și participă la realizarea acestora. Aceasta se datorează tocmai informației structurale discrete, fragmentare, care se corelează cu informația continuă, de ansamblu, dispersată în unda modulată ce rezultă din integrarea tuturor undelor corespunzătoare respectivelor corpusculi.

7.2. Sistemele complexe și topologia emergent semantică

Cercetările în domeniul sistemelor complexe nu au reușit să formuleze o ipoteză care să explice proprietățile emergente, ca și relația dintre dinamica elementelor componente ale sistemelor și proprietățile sistemului în ansamblu.

Ipoteza noastră referitoare la logica emergent semantică, bazată pe principiul general legat de baleierea permanentă între structurile corpusculare și cele ondulatorii, între informația ce structurează materia în spațiu-timp și informația structurată în undele corespunzătoare, poate oferi noi premise privind elucidarea mecanismului emergenței.

Acest principiu, realizat informațional între informația atemporală, aspațială din undă, cu caracterul ei continuu și totalizator, și informația din structurile corpusculare, din structurile (în spațiu-timp tridimensional) aflate sub diferite forme de agregare, reprezintă informația emergentă sau emergent semantică (dacă ne referim și la nivelul sistemului psihic), pe baza căreia se realizează emergența. În acest mod se structurează materia la diferite scale de rezoluție sau niveluri de realitate și astfel derivă proprietățile emergente din cadrul sistemelor complexe.

Mișcarea, dinamica, transformarea materiei au la baza acest balans informațional între componenta corpusculară (nuclei, atomi, molecule, macromolecule etc.) și componenta ondulatorie reprezentată de informațiile modulate în undele corespunzătoare acelor corpusculi și aflate în câmpul electromagnetic corespunzător.

Ruperile spontane de simetrie din dinamica materiei, ca și legile de conservare a energiei, impulsului cinetic și cel liniar, sunt posibile datorită acestei informații semantice, structurată într-o adevărată logică semantică sau emergentă. Dinamica din sistemele complexe, cu haosul determinist, bazinul atractorilor și orientarea dinamicii spre un nou echilibru se bazează pe această caracteristică emergentă a informației, atât între componenta corpusculară și cea ondulatorie, cât și între structuri simple și complexe sau între structuri tot mai complexe, basculând între o formă fragmentară și una holistică, integratoare, de o complexitate superioară.

Deoarece logica semantică a limbajului, studiată în ultimii 50 de ani de semiologie și semiotică, s-a considerat a fi logica pe baza căreia sunt procesate informațiile în creierul uman, ultimele descoperiri ale lui John Gallant *et al.* au pus în evidență sistemul semantic al creierului. Se pare că atât creierul, cât și mintea, folosesc o logică semantică, ceea ce permite ipoteza că această logică să poată fi găsită și în realitatea fizică. Deja informaticienii operează cu informația semantică, algoritmi și web-uri semantice, ontologii.

Obişnuiri să cercetăm creierul pe baza legilor și teoriilor din fizică și matematică, din biochimie și biologie, poate deveni surprinzător, dar atât de necesar, să aplicăm logica semantică specifică procesării psihice și dinamicii sistemelor complexe, a bazinelor fazelor și atractorilor, și în dinamica neliniară și evoluția sistemelor. În acest fel ar putea fi înțeles un fenomen care preocupă atât fizicienii cât și filosofii – *emergența*.

Dinamica informațională între undă și corpuscul, formalizată prin analiza Fourier și topologie, poate sta la baza logicii semantice care are, la nivel fizic, caracter de logică emergent semantică. Ca urmare, cu o nouă teorie a câmpului care să includă informația, cu o logică fundamentală care să includă atât logica semantică cât și cea emergentă, cu buna înțelegere a contextelor axiomatice care realizează conectarea informațională între subiect și obiectul cunoașterii, se poate construi o platformă pentru noi ipoteze și teorii, atât în cadrul computației informatiei și roboticii, cât și asupra funcționării creierului și minții.

Practic, ceea ce întâlnim la nivelul structurilor nervoase reprezintă un principiu general la nivelul materiei. De aceea, denumim această informație *informație emergent semantică*, iar logica aferentă pe baza căreia se structurează această informație: o *logică emergent semantică* ce este diferită de logica bivalentă, dar și de cea multivalentă sau logica fuzzy, întrucât valorile care pot fi adevărate nu pot fi evaluate probabilistic, ci sunt condiționate de valoarea lor semantică.

Studiile din domeniul semiologiei, cele filologice, pot fi utile în înțelegerea acestor fenomene emergente deoarece limbajul este cel mai potrivit pentru a demonstra rolul semanticii. Aceasta este sensibilă la stimuli minori, la fel ca în sistemele complexe^{16,17}, având un caracter determinist, după o logică semantică ce baleiază între discret și continuu, digital și analogic, fragmentar și holistic. De exemplu, sensul unei litere în cuvânt este legat de rolul cuvântului în propoziție, al propoziției în frază, al frazei în fragment, al fragmentului în capitol, al capitolului în carte și al cărții ca aspect al realității în raport cu realitatea în ansamblu.

7.3. Argumente fizico-matematice

Agitația cuantică este expresia dualității undă-corporcul și o dovadă a oscilației informației între spațiul tridimensional și câmpul electromagnetic.

Această oscilație stă la baza dinamicii neliniare, a curbilor continue și nediferențiabile specifice fractalității¹⁸, dar își are originea în agitația cuantică prezentă de-a lungul dinamicii materiei până la nivel cosmic. Geometria fractală a realității este o dovadă a conexiunii între structura corpusculară și cea spectrală. Evoluția neliniară și haosul determinist permit dinamica materiei și evocă în același timp legătura între discret și continuu, între fragmentar și holistic.

Această legătură permanentă ar putea explica și fenomenul de *entanglement*, pus în evidență de paradoxul Einstein-Podolski-Rosen (EPR): două particule aflate în interacțiune la un moment dat rămân în continuare conectate prin componentele lor spectrale, ondulatorii, care în momentul interacțiunii au intrat în coerență. Acestea, prin undele lor coerente, își păstrează legătura informațională indiferent de spațiu și timp deoarece informația se găsește și în câmpul electromagnetic, care este atemporal și aspațial.

În dinamica dimensională a materiei, trecerea de la dimensiunea 0, spre dimensiunea 1, 2, etc. se realizează prin dezvoltare fractală (dimensiune fractală) spre dimensiunea topologică, trecând prin dimensiunea euclidiană. Fractalii au propria lor informație concentrată în ecuația de generare a fractalului, dar numărul de iterații, precum și schimbarea acestui număr, dar și a ecuației de generare, se realizează pe baza informației supraiacente fractalului care ține de sistemul de fractali și de sistemul complex în care funcționează fractalul. Această informație holistică a sistemului se găsește fără doar și poate în câmpul spectral al sistemului care conține informația fiecărui fractal,

¹⁶ Radu, V.R., Agop, M., *Sisteme Complexe*, Editura Ars Longa, 2013.

¹⁷ Cilliers, P., Nicolescu, B., *Complexity and transdisciplinarity: Discontinuity, levels of reality and the hidden third*, Futures 44, No. 8 (2012), 711-718.

¹⁸ Gavriliuț, A., Agop, M., *A Mathematical Approach in the Dynamics of the Complex Systems* (in Romanian), Ars Longa Publishing House, 2013.

dar și al sistemului în complexitatea sa. Dimensiunea euclidiană este o etapă intermediară ce poate fi descrisă de noțiuni cum ar fi cea de limită și vecinătate din topologie. Cea care conține informația calitativă, emergent semantică, este dimensiunea topologică. Dimensiunea fractală cuprinde informația cantitativă, descrisă de teoria informației a lui Shannon și Weaver. Dimensiunea topologică conține informația calitativă, care are o formă potențială când se găsește în câmpul spectral, și una exprimată în modificările topologice din fiecare dimensiune topologică^{19,20,21}.

Dimensiunea fractală poate fi modelată fizico-matematic prin ecuații algebrice și analiza matematică, bazate pe o logică bivalentă, un limbaj și o sintaxă bazate, de exemplu, pe logica booleană.

Dimensiunea topologică presupune o dinamică calitativă, nuanțată, care este generată de o logică emergent semantică și un limbaj sub forma limbajului semantic, care conține informația fragmentarului, dar și a întregului, a prezentului, dar și a viitorului evoluției sistemului, a structurii prezente, precum și a structurii viitoare. Dimensiunea topologică este descrisă folosind instrumente specifice logicii care operează cu mulțimi și care cuprinde atât dinamica structurilor (topologie algebrică), dinamica geometriei (topologie geometrică), cât și dinamica spațiului (topologie diferențială).

Logica emergent semantică ar avea nevoie să fie exprimată de o topologie emergent semantică. În timp ce toate celelalte forme de topologie descrise de matematică și, de asemenea, un număr tot mai mare cu care operează fizicienii, se raportează la particule, structuri sau spațiu, topologia emergent semantică ar descrie dinamica informațiilor, care are o existență potențială și una reală, generate de interacțiunile din cadrul rețelelor corpusculare, ca de altfel și între acestea și rețeaua spectrală. Ca urmare, topologia emergent semantică este o topologie informațională, imaterială, la fel ca informația, dar care poate fi preluată de diferite suporturi materiale descrise deja de matematică și fizică. Această topologie informațională urmează a fi definită și descrisă din această perspectivă emergent semantică.

Această devenire din dinamica materiei, aflată într-o evoluție care respectă legile naturii și păstrează coerența întregii realități se realizează printr-o logică ce are drept sens și semnificație tocmai această unitate a întregului.

Un sistem complex are capacitatea de adaptare la constrângerile exterioare prin autostructurare printr-o logică emergent semantică, ceea ce conduce la proprietăți emergente și care are drept sens adaptarea la aceste condiții exterioare generate de celelalte sisteme complexe sau de totalitatea sistemelor cu care este în relație. Sensul și semnificația finală (aspectul teleologic) sunt întotdeauna păstrarea coerenței realității și a unității acesteia, la orice scală și nivel. Acest obiectiv nu s-ar putea realiza altfel decât printr-o corelație permanentă între rețeaua corpusculară și cea spectrală, în paralel cu o corelație în cadrul rețelelor corpusculare prin relațiile și legăturile dintre diferitele structuri aflate în corespondență informațională cu informația întregului ce se găsește în spațiul spectral. În acest fel se realizează legătura permanentă între discret și continuu, între digital și analogic, fragmentar și holistic, generând coerența și unitatea realității.

Din această perspectivă, se deduce faptul că ceea ce numim câmp este esențial în coerența și unitatea realității. Prin corolarul informațional pe care îl presupune atât la nivel cuantic, cât și la

¹⁹ Bohm, D., *Meaning And Information*, In P. Pykkänen (ed.), *The Search for Meaning: The New Spirit in Science and Philosophy*, Crucible, The Aquarian Press, 1989.

²⁰ Bohm, D., Hiley, B., *The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Theory*, Routledge, 1993, ISBN 0-415-06588-7.

²¹ Hiley, B., *Particles, fields, and observers*, Baltimore, D., Dulbecco, R., Jacob, F., Levi-Montalcini, R. (eds.) *Frontiers of Life*, Vol. 1, 89–106, Academic Press, New York, 2002.

celelalte niveluri ale realității, până la cel cosmic, câmpul electromagnetic este domeniul de inter-relație informațională. El este prezent în plan orizontal la nivelul fiecărei scale în relațiile dintre diferite forme de structurare a materiei și energiei, dar și în plan vertical, transversal, prin legătura informațională emergentă dintre diferite scale și niveluri de realitate. Problema câmpului nu este pe deplin lămurită în fizică, și de aceea nici câmpul electromagnetic nu este încă în totalitate definit din punct de vedere fizic. Ar trebui reluate o serie de ipoteze care, chiar dacă sunt vechi de un secol, ar putea fi reinterpretate din perspectiva informațională de astăzi. Vechea ipoteză Kaluza-Klein permite regăsirea ecuațiilor lui Maxwell din perspectiva relativității restrânse și scoate în evidență o a patra dimensiune spațială în care apăreau acestea. Această idee a fost preluată de fizicienii din teoria stringurilor (teoria M), în care una dintre dimensiuni este considerată a fi cea a câmpului electromagnetic.

Chiar dacă este contraintuitiv și nu ne putem imagina mai mult de trei dimensiuni spațiale, această ipoteză a unei dimensiuni rezervate câmpului (câmpul electromagnetic în speță) ne-ar putea ajuta să putem integra diferitele aspecte pe care le ia informația, atât în realitatea tridimensională, cât și în cea atemporală, aspațială, a câmpului.

Legătura funcțională permanentă între fragmentar și holistic, discret și continuu, digital și analogic, poate fi formalizată matematic de un domeniu insuficient dezvoltat astăzi – mereotopologia.

Mereotopologia este o teorie de prim rang în filosofie și știința computerelor care înglobează atât concepte topologice (cum ar fi de exemplu conectivitate, interior, frontieră etc.), cât și concepte din mereologie, punând în evidență relațiile dintre parte și întreg și, de asemenea, între părți și frontierele acestora.

Logica emergent semantică (topologia emergent semantică, atunci când este aplicată în structurarea realității) poate contribui la elucidarea vechiului dualism minte-creier, odată cu rezolvarea și a altor paradoxuri, în mod deosebit cel al teoriei emergenței.

8. Provocări ale paradigmei informației în neuroștiințe

Marile proiecte aflate în desfășurare (*Human Brain Project* în Europa și *BRAIN Initiative* în Statele Unite) au în vedere o abordare ce vizează atât cunoașterea mecanismelor creierului și ale funcționării minții, cât și evoluția informaticii și roboticii spre calculatoare care să simuleze performanța și complexitatea procesării umane. Toate aceste deziderate presupun o abordare interdisciplinară între specialiști în informatică, robotică, baze de date, inteligență artificială, precum și biologi, fizicieni, matematicieni, alături de specialiști în neuroștiințe.

Aceste mari proiecte ale deceniului (Deceniul Creierului) evidențiază o orientare pe care știința o consideră prioritară. Dezvoltarea informaticii și roboticii deceniilor următoare necesită o revoluție care nu poate fi realizată decât într-un context interdisciplinar. Calculatorul cuantic al viitorului va putea fi construit pe baza calculatorului fractal reprezentat de creierul uman. Aceasta va presupune ca logica booleană să poată fi completată cu logica emergent semantică, calculatorul electronic să fie înlocuit cu un calculator fractal în care topologia fizică să poată asimila o topologie fractală și astfel, topologia logică să fie o topologie funcțională, emergent semantică, digitalul să fie completat de analogic, în așa fel încât procesarea discretă, fragmentară să fie completată de cea continuă, holistică. Astfel, folosind aceste principii complementare, de la discret, digital, fragmentar la analogic, continuu, holist, nivelele tot mai complexe de procesare, începând de la nivelul receptorilor senzoriali, până la nivelul superior de integrare al scoarței cerebrale, vor genera procesarea specifică creierului uman.

8.1. Dualitatea undă corpuscul și câmpul spectral

Informația mediază unitatea undă-corporcul; pentru a realiza colapsarea funcției de undă, trebuie să existe o corespondență între undă și corpuscul. Nu există undă cu corpuscul atașat fără o componentă informațională aflată în frecvențele modulate (care provine din spinul vectorului magnetic al fazei).

Principala dificultate a cercetătorilor în domeniul neuroștiințelor este prejudecata de a studia doar structura rețelelor neuronale și neurogliale. Pornind de la teoria cuantică conform căreia fiecare particulă are o undă corespunzătoare și având în vedere că, pornind de la structurile cele mai mici ale celulei nervoase (neurofibrilele), până la celule, țesuturi și creierul în ansamblul său, se poate observa existența unei intense activități spectrale, ondulatorii. Chiar și noile tehnologii utilizate în neuroștiințe (RMN funcțional și PET CT) folosesc emisiile spectrale ale modificărilor de spin ale atomilor, respectiv ale pozitronilor, deci tot emisii în câmpul spectral.

Această componentă ondulatorie spectrală a fost prea puțin studiată, chiar dacă este conținută în teoriile fizicii cuantice sau în concepte neuro-fiziologice și este evidențiată rudimentar la nivelul general al activității cerebrale, prin EEG și EMG. Această componentă spectrală asociată cu câmpul spectral (electromagnetic), și care are legătură cu cea materială, corpusculară (structurile neuronale și non-neuronale din creier), trebuie să fie cel puțin la fel de importantă ca partea structurală, corpusculară.

Chiar și acum 50 de ani, mai mulți cercetători în domeniul neuroștiinței au ajuns la concluzia că transmiterea de semnale la nivelul analizatorilor se face spectral. Bazându-se pentru interpretarea experiențelor pe seriile Fourier folosite în descrierea fenomenelor de undă²², s-a demonstrat că la nivelul percepției analizatorului vizual, semnalele către cortexul occipital cerebral se transmit spectral. De asemenea, s-a demonstrat²³ că transmisiunea tactilă se face spectral, pentru ca mai târziu să tragă concluzia că transmiterea de semnale ale analizatorilor se poate descrie prin ecuații matematice specifice undelor.

8.2. Teoria electromagnetică în neuroștiințe

Teoriile electromagnetice ale conștiinței propun ca aceasta să fie înțeleasă ca fenomen electromagnetic. Cu toate acestea, teoreticienii au opinii diferite privind modul în care se leagă conștiința de electromagnetism.

Teoriile câmpului electromagnetic (sau “teoriile câmpului EM”) ale conștiinței propun ideea că fenomenul conștiinței rezultă atunci când un creier produce un câmp electromagnetic cu caracteristici specifice. Astfel, s-au propus unele teorii de câmp EM^{24,25,26,27}. Punctul de plecare pentru teoria lui McFadden și Pockett este faptul că de fiecare dată când un neuron se activează

²² de Valois, R.L., de Valois, K.K., *A multi-stage color model*, Vision Res. 33, Vol. 8, 1993, 1053-1065.

²³ von Békésy, G., *Problems relating psychological and electrophysiological observations in sensory perception*, Perspectives in Biology and Medicine, 11 (1970), 179-194.

²⁴ Pockett, S., *The Nature of Consciousness: A Hypothesis*, Writers Club Press, 2000.

²⁵ McFadden, J., *The Conscious Electromagnetic Information (Cemi) Field Theory: The Hard Problem Made Easy?*, Journal of Consciousness Studies 9 (8) (2002), 45–60.

²⁶ McFadden, J., *Synchronous Firing and Its Influence on the Brain's Electromagnetic Field: Evidence for an Electromagnetic Field Theory of Consciousness*, Journal of Consciousness Studies 9 (4) (2002), 23–50.

²⁷ McFadden, J., *The CEMI Field Theory: Seven Clues to the Nature of Consciousness*, in Jack A. Tuszynski, *The Emerging Physics of Consciousness*, Berlin, Springer, 2006, 385–404.

pentru a genera un potențial de acțiune și un potențial postsinaptic în neuronul următor, generează și o perturbare a câmpului electromagnetic din jur.

McFadden a propus ideea că acel câmp electromagnetic al creierului creează o reprezentare a informației în neuroni. Se argumentează că studiile întreprinse spre sfârșitul secolului XX au arătat că experiența conștientă nu este în corelație cu numărul de neuroni care se activează, ci cu sincronizarea acelei activări. McFadden consideră câmpul electromagnetic ca dezvoltându-se din câmpul EM indus de neuroni. În această teorie se argumentează că activarea sincronizată a neuronilor amplifică influența fluctuațiilor câmpului EM ale creierului mult mai mult decât ar fi posibil cu activarea nesincronizată a neuronilor.

Localizarea preferențială a conștienței în câmpul EM al creierului față de localizarea în neuroni are avantajul justificării modului în care informația localizată în milioanele de neuroni aflați în diferite poziții în creier poate fi unificată într-o singură experiență conștientă: informația este unificată în câmpul EM. Astfel, conștiența câmpului EM poate fi considerată a fi “informație atașată”.

Această teorie explică mai multe fapte, de altfel contradictorii, cum ar fi descoperirea că atenția și conștiența au tendința de a se corela mai mult cu activarea sincronizată a mai multor neuroni decât cu activarea neuronilor separat. Atunci când neuronii se activează împreună, câmpurile lor EM generează perturbări mai puternice de câmp EM; astfel, activarea sincronică a neuronilor va avea tendința de a avea un impact mai mare asupra câmpului EM al creierului (așadar, și asupra conștienței), decât activarea neuronilor individuali.

Însăși punerea în evidență a sistemului semantic al creierului, cu stimularea concomitentă a numeroase zone diferite din ambele emisfere cerebrale (în cazul noțiunilor polisemantice) presupune existența unei rețele spectrale care să permită activarea concomitentă a acestor locusuri. De altfel, și în tehnologia informației se lucrează pentru construirea de rețele semantice necesare programelor de traducere sau a celor de căutare. Proiectând astăzi locația pe glob a serverelor unde se găsesc variantele semantice ale unor cuvinte, se poate obține o imagine foarte asemănătoare cu cea obținută de către Jack Gallant prin vizualizarea sistemului semantic al creierului. Practic, tehnologia informațională de astăzi a creionat în linii generale o rețea semantică și informațională (sistemul integrat de telefonie, internet și comunicare de date) care folosește o rețea de milioane de servere și terminale, rețea dublată de o rețea spectrală, electromagnetică, folosind stații terestre și sateliți. Aceasta reprezintă un model informațional tehnologic pentru ceea ce începem să descoperim și la nivelul creierului.

Din punct de vedere fizico-matematic, abordarea din perspectiva geometriei fractale și a topologiei, pornind de la dualitatea undă-corpusul, permite găsirea de modele care să descrie structuralitatea și funcționalitatea în realitatea fizică. Astfel, analiza rețelei Toda²⁸, cu specificul său fractal, atât structural cât și funcțional, permite modelarea rețelei neuronale în două componente: una structurală, corpusculară și una funcțională, spectrală.

8.3. Noi ipoteze legate de componenta structural-funcțională a creierului

Prezența celor două rețele, o rețea corpusculară constituită din neuroni, și o rețea spectrală, constituită din undele modulate ale respectivilor neuroni, structurate într-un câmp spectral poate genera noi ipoteze și explicații ale funcționării creierului și minții.

²⁸ Crumpei, G., Gavriluț, A., Crumpei Tanasă, I., Agop, M., *New Paradigms on Information, Mind and Reality. A Transdisciplinary Perspective*, Junimea Publishing House, Iași, 2016.

- i) Din start, avem o descriere fizică a rețelei neuronale, ca structură corpusculară ce reprezintă creierul și conține informația neuronală (construită pe baza pattern-urilor genetice, ca rezultat al evoluției), și o descriere a minții, reprezentată de câmpul spectral în care se găsesc informațiile structurate în programe, asimilate de la naștere prin adaptarea la mediu, educație și cultură. În acest fel, putem descrie, dintr-o nouă perspectivă, concepte precum personalitatea, care, clasic, este formată din două componente: temperamentul (cu care ne naștem) și caracterul (pe care îl dobândim în urma educației).

Rețeaua neuronală construită din naștere pe pattern-uri genetice, netopologice, determină stabilitate personalității și specificitate, în timp ce pattern-urile topologice din câmpul spectral conferă adaptabilitate și diversitate, în funcție de contextul familial, comunitar, cultural etc.

- ii) Starea de conștiență este rezultatul dinamicii între cele două rețele care reușesc să integreze diferitele componente ale creierului, cu informații de la analizatori în viziunea întregului, pe care o oferă rețeaua spectrală. Pierderea stării de conștiență rezultă în urma pierderii acestei conexiuni, urmare a unor șocuri traumatice, termice, electrice sau magnetice etc., sau în situații speciale precum marea criză epileptică sau anestezia. În cazul epilepsiei, rețeaua neuronală își pierde componenta haotică, specifică oricărui sistem complex, prin expansiunea în ambele emisfere a ciclurilor regulate generate de centrul epileptogen (la fel ca și în cazul terapiei electroconvulsivante). Recăpătarea haoticității permite reluarea stării de conștiență.

În cazul anesteziei, dinamica între cele două rețele este afectată de modificarea topologiei proteinelor sub influența substanțelor anestezice, obținându-se o stare de conștiență alterată în funcție de locul de acțiune și dozele în care substanța anestezică este folosită.

Dacă legătura între terminalele noastre (calculatoare, telefoane etc.) și rețeaua electromagnetică se realizează prin coduri binare, la nivelul dublei rețele a creierului, codarea este reprezentată de topologia tridimensională a proteinelor. Această deconectare a celor două rețele în teritorii localizate, prin intermediul modificării topologiei proteinelor, poate fi implicată și în unele boli, precum demența Alzheimer, în care nu se evidențiază alterări ale rețelei neuronale în fazele incipiente (alterările informaționale din structura proteinelor ar putea fi evidențiate din perspectiva unei patologii informaționale).

- iii) Ipoteza celor două rețele și a dinamicii dintre ele poate da răspunsuri unor enigme puse în evidență de neuroștiințe până acum. Astfel, existența unui automodel corporal²⁹, precum și fenomenele membrului fantomă³⁰, ca și cele evidențiate de experimentele cu membrul de cauciuc sau fenomenele de sugestie, sugestibilitate și hipnoză, precum și modul și locul unde este stocată memoria, toate își pot găsi explicații coerente din perspectiva ipotezei existenței celor două rețele, cea neuronală și cea spectrală.
- iv) Descoperirea neuronilor oglindă în ultimele două decenii a adus noi ipoteze legate de teoria minții, învățarea mimetică a comportamentului social etc., dar și noi provocări legate de modul de transmitere a informației de la o persoană la alta, precum și a felului în care neuronii stimulați astfel pot simula acțiuni, trăiri și senzații, reprezentări și imagini, care pun în altă perspectivă întreaga psihologie. Ipoteza existenței câmpului spectral, în dinamică permanentă cu cel neuronal, posibilitatea acestui câmp de a realiza conexiuni interpersonale ar putea reprezenta o abordare care să aducă noi clarificări.

²⁹ Metzinger, T., *The Ego Tunnel - The Science of the Mind and the Myth of the Self*, Basic Books, New York, 2009.

³⁰ Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D., *Sensations referred to a patient's phantom arm from another subjects intact arm: perceptual correlates of mirror neurons*, Med. Hypotheses, 2008, Vol. 70, 1233–1234.

-
- v) Descoperirea sistemului semantic al creierului este o dovadă a procesării pe baza logicii semantice și poate explica modul în care dimensiunea narativă, poveștile, metaforele, simbolurile și, în general, limba și literatura, pot construi imagini care să traducă realitatea la nivelul sistemului psihic.
- vi) Logica emergent semantică evidențiată la nivelul dualității undă-corpusul și structurată tot mai complex la nivelul structurilor atomice, moleculare, macromoleculare etc. permite rezolvarea vechii dualități minte-creier, care nu reprezintă decât două aspecte ale aceluiași fenomen fizic și informațional, dacă ținem cont de existența celor două rețele (neuronală și spectrală) și a caracterului emergent și semantic al dinamicii informaționale (care nu reprezintă decât grade diferite de complexitate informațională).

9. Concluzii

În domeniul cunoașterii științifice, odată cu conturarea științelor moderne, s-a trecut de la epoca mecanicii guvernată de legile newtoniene la epoca energiei, marcată de teoriile relativității lui Einstein, fizica cuantică și energia atomică. În a doua jumătate a secolului XX s-a conturat treptat ceea ce denumim azi epoca informaticii, care pune pe primul plan rolul informației în cunoașterea realității. Identificarea informației în teoriile, legile și modelele fizico-matematice stabilite până acum, devine o necesitate impusă de dezvoltarea actuală a cunoașterii. Rolul ontologic al informației alături de substanță și energie este imperios a fi stabilit, ca și relațiile dintre componentele triadei, ce stau la baza structurării realității.

Încă de la începutul secolului XX s-a evidențiat, pentru prima oară, rolul observatorului în descrierea fenomenelor cuantice. Dilemele fizicienilor și filosofilor, ca și discuțiile în contradictoriu nu au încetat nici astăzi. Principiile informaticii dovedesc că atât emițătorul cât și receptorul, atât obiectul cât și subiectul, trebuie să fie în corelație (coerență), și că o anumită structură a realității poate fi percepută doar în măsura în care există o reprezentare, un context axiomatic în creierul subiectului privind aspectele observaționale ale obiectului. De aceea, logica axiomatică discutată de matematicieni încă din antichitate este și astăzi, în era informatică, o cale de a realiza legătura între obiect și subiect, observator și realitate, creier și minte.

Tehnologia de astăzi, inclusiv tehnologia informației, se bazează pe cercetări din secolele XIX și XX, legate de legile electromagnetismului, teoriile relativității și fizica cuantică. Acestea au impus din punct de vedere matematic folosirea analizei complexe. Vechea concepție a matematicienilor, cum că acest domeniu al matematicii reprezintă un domeniu abstract, este necesar a fi revizuită pentru a putea înțelege dinamica informației între realitatea spațială, atemporală a câmpului și cea spațio-temporală a corpusculului. Ca urmare, conferirea unei semnificații fizice spațiului complex permite înțelegerea realității prin dinamica între spațiul real și spațiul complex prin intermediul informației.

O datorie a fizicienilor secolului XX a rămas și astăzi o definiție și descriere adecvată și completă a ceea ce numim câmp. Teoriile din ultima jumătate a secolului XX, legate de geometria fractală, teoria haosului, dinamica neliniară sau topologie, au condus spre teoria sistemelor complexe. Aceste cercetări impun, pe de o parte, o rescriere a fizicii din această perspectivă, dar și posibilitatea construirii unei teorii generale a câmpului, în care să se regăsească și informația.

Structura fractală a realității poate conduce la o serie de principii care să permită o modelare fizico-matematică pentru a construi o teorie a câmpului fractal, un câmp bazal care, în funcție de scală, este construit de particule specifice, și care dă coerență și unitate realității la orice nivel. Conectarea prin corelație (coerență) a subiectului cu obiectul face posibilă cunoașterea realității,

pentru că, fundamental, există o logică comună atât subiectului cât și obiectului, și care permite legătura informațională între subiect și obiect, între observator și realitate.

Ultimele descoperiri ale lui Jack Gallant *et al.* au pus în evidență sistemul semantic al creierului. Aceasta evidențiază faptul că logica semantică a limbajului studiată în ultimii 50 de ani de către semiologie și semiotică reprezintă logica pe baza căreia sunt procesate informațiile în creierul uman. Legătura între rețeaua neuronală și rețeaua spectrală a creierului presupune fenomenul de coerență, dar și o topologie logică echivalentă. Se pare că atât creierul cât și mintea folosesc o logică semantică. Creierul funcționează pe baza legilor fizicii, fiind cel mai complicat sistem complex. Dinamica din acest sistem urmează legile unei topologii emergente, coerente însă cu logica semantică a minții. Concluzia ar fi că atât mintea, cât și creierul funcționează pe baza aceleiași logici și topologii, logica emergent semantică. De altfel, informaticienii operează deja cu informația semantică, algoritmi și web-uri semantice, rețele semantice, ontologii.

Obișnuiți să cercetăm creierul pe baza legilor și teoriilor din fizică și matematică, din biochimie și biologie, poate deveni surprinzător, dar atât de necesar, să aplicăm logica semantică (specifică procesării psihice și dinamicii sistemelor complexe, a bazinelor fazelor și a dinamicii atractorilor) și în dinamica neliniară și evoluția sistemelor. În acest fel, ar putea fi înțeles un fenomen care preocupă atât fizicienii cât și filosofi – emergența.

Dinamica informațională între undă și corpuscul, formalizată prin analiza Fourier și topologie poate sta la baza logicii semantice care, la nivelul fizic, are caracter de logică emergent semantică. Ca urmare, cu o nouă teorie a câmpului care să includă informația, cu o logică care să includă atât logica semantică, cât și cea emergentă, cu buna înțelegere a contextelor axiomatice (care realizează conectarea informațională între subiect și obiectul cunoașterii), se poate construi o platformă pentru noi ipoteze și teorii, atât în cadrul computației informației și roboticii, cât și asupra funcționării creierului și minții.

Bibliografie

1. Barabassy, A.L., *Bursts: The Hidden Pattern Behind Everything We Do*, Penguin Group (USA) Inc., 2010.
2. von Békésy, G., *Problems relating psychological and electrophysiological observations in sensory perception*, Perspectives in Biology and Medicine, 11 (1970), 179-194.
3. Bohm, D., *Meaning And Information*, In P. Pyllkänen (ed.), *The Search for Meaning: The New Spirit in Science and Philosophy*, Crucible, The Aquarian Press, 1989.
4. Bohm, D., Hiley, B., *The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Theory*, Routledge, 1993, ISBN 0-415-06588-7.
5. Cilliers, P., Nicolescu, B., *Complexity and transdisciplinarity: Discontinuity, levels of reality and the hidden third*, Futures 44, No. 8 (2012), 711-718.
6. Crumpei, G., Gavriluț, A., Crumpei Tanasă, I., Agop, M., *New Paradigms on Information, Mind and Reality. A Transdisciplinary Perspective*, Junimea Publishing House, Iași, 2016.
7. McFadden, J., *The Conscious Electromagnetic Information (Cemi) Field Theory: The Hard Problem Made Easy?*, Journal of Consciousness Studies 9 (8) (2002), 45–60.
8. McFadden, J., *Synchronous Firing and Its Influence on the Brain's Electromagnetic Field: Evidence for an Electromagnetic Field Theory of Consciousness*, Journal of Consciousness Studies 9 (4) (2002), 23–50.
9. McFadden, J., *The CEMI Field Theory: Seven Clues to the Nature of Consciousness*, in Jack A. Tuszynski, *The Emerging Physics of Consciousness*, Berlin, Springer, 2006, 385–404.
10. Gavriluț, A., Agop, M., *A Mathematical Approach in the Dynamics of the Complex Systems* (in Romanian), Ars Longa Publishing House, 2013.

-
11. Hazewinkel, M., *Axiomatic method*, Encyclopedia of Mathematics, Springer, 2001.
 12. Heisenberg, W., *The Physical Principles of the Quantum Theory*, Courier Dover Publications, 1949.
 13. Hiley, B., *Particles, fields, and observers*, Baltimore, D., Dulbecco, R., Jacob, F., Levi-Montalcini, R. (eds.) *Frontiers of Life*, Vol. 1, 89–106, Academic Press, New York, 2002.
 14. Huth, A.G., de Heer, W.A., Griffiths, T.L., Theunissen, F.E., Gallant, J.L., *Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex*, *Nature*, 453–458, 2016, DOI:10.1038/nature17637.
 15. Martin, J.N., *Epistemic semantics for classical and intuitionistic logic*, *Notre Dame J. Formal Logic*, Vol. 25, No. 2 (1984), 105-116.
 16. Metzinger, T., *The Ego Tunnel - The Science of the Mind and the Myth of the Self*, Basic Books, New York, 2009.
 17. Pockett, S., *The Nature of Consciousness: A Hypothesis*, Writers Club Press, 2000.
 18. Radu, V.R., Agop, M., *Sisteme Complexe*, Editura Ars Longa, 2013.
 19. Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D., *Sensations referred to a patient's phantom arm from another subjects intact arm: perceptual correlates of mirror neurons*, *Med. Hypotheses*, 2008, Vol. 70, 1233–1234.
 20. Stonier, T., *Information and the Internal Structure of the Universe*, Springer Verlag, London, 1990, pp. 155.
 21. de Valois, R.L., de Valois, K.K., *A multi-stage color model*, *Vision Res.* 33, Vol. 8, 1993, 1053-1065.
 22. Weaver, W., Shannon, C.E., *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. of Illinois Press, 1963.
 23. Weisstein, E.W., *Axiomatic System*, From MathWorld—A Wolfram Web Resource, [Mathworld.wolfram.com](http://mathworld.wolfram.com).
 24. Whitehead, A.N., Russell, B., *Principia Mathematica*, Vol. I, Cambridge University Press, 1963.