

CONCEPTE GENERALE SI PROBLEME CUANTICE ALE PROCESARII INFORMATIEI

Mihai Drăgănescu

Academia Română

I.

În ultimii doisprezece ani, în domeniile procesării și utilizării informației au avut loc multe noi deschideri tehnologice și evenimente cu implicații mai largi. Dintre acestea, pot fi amintite următoarele:

- Creșterea dramatică a numărului de tranzistori pe un cip semi-conductor (spre exemplu, microprocesorul Intel P6 are 5,5 milioane de tranzistori) datorită, în primul rând, reducerii dimensiunii tranzistorului individual. În anii 1996-1997 s-a trecut la linii de definiție de 0,25 micrometri = 250 nm. Apropierea de limita cuantică de 20 nm a acestei dimensiuni a deschis câmpul domeniului electronicii cuantice și a stimulat cercetările asupra calculatoarelor cuantice.
- Progrese conceptuale, dar și experimentale, privind realizarea de calculatoare moleculare și biomoleculare, apariția domeniului ingineriei creșterii de țesuturi biologice.
- Apariția "vietii artificiale", ca domeniu al științei și tehnologiei structurale, elaborarea unor noi idei privind natura minții și a conștiinței, unele dintre ele bazate pe fizica cuantică.
- Consolidarea, se poate afirma, definitivă a ideii Societății Informaționale (Societatea Orientată Informațional - M. Drăgănescu, Information-based Society - Martin Bangemann), extinderea acesteia la aceea a Societății Informaționale Globale odată cu creșterea "naturală", fără proiect prestabilit, a Internetului și a țesăturii mondiale de locuri (situri) informatice, World-Wide-Web (WWW).
- Multiple convergențe, precum
 - a calculatoarelor personale cu stațiile de lucru; a calculatoarelor mari cu serverele de rețele;
 - a calculatoarelor personale cu receptoarele de TV;
 - a Internetului cu întreaga tehnologie a comunicației și informației (convergența dintre calculatoare și telecomunicații a trecut pragul separabilității).

II.

Ca urmare a apariției unei serii de idei noi în domeniul procesării informației, aceasta poate fi, conceptual vorbind,

- computațională sau non-computațională,
- clasică sau cuantică,
- neurală sau moleculară,
- sintactică sau semantică,
- structurală, structural-fenomenologică sau fenomenologică.

Procesarea informației devine un concept mai larg decât computația.

Pentru calculabilitatea (computabilitatea) clasică, la nivel logic sau pur matematic, este valabilă, după cum se știe, teza Turing- Church[1], din anul 1936. Această teză, care nu este o teoremă demonstrată, după unii este chiar o ipoteză, afirmă că Mașina Turing Universală (MTU) este un model matematic suficient de general pentru orice procedură efectivă de calcul, respectiv MTU poate fi programată pentru orice este computabil. **Procedura efectivă este o noțiune echivalentă cu algoritmul și, până de curând, cu computabilul**, procedura efectivă (algoritmul) fiind considerată singura formă de computabil. Valabilitatea tezei Turing- Church este suspectată de o covârșitoare evidență experimentală[2], luată în considerare de faptul că toate tipurile de calculatoare **clasice** existente se încadrează în limitele conceptului MTU.

Ne găsim, în raport cu teza Turing-Church, exact în situația unei teorii științifice (teza) despre adevărul căreia urmează ca știința să se pronunțe. Teza Turing-Church satisface criteriul de falsificabilitate[3] al lui Popper, în sensul că toate situațiile experimentale existente ale computației algoritmice o confirmă.

Domeniul clasic în fizică este domeniul microscopic care ascultă de legile fizicii clasice. Inșiși Turing lăsa să se înțeleagă că un proces fizic este întotdeauna reductibil la funcționarea unei mașini Turing, sau, posibilitățile computaționale ale oricărui sistem fizic (clasic) sunt echivalente cu o mașină Turing.

Ideea de mai sus este numită "teza lui Turing"[4]. Ea a influențat mult formarea unei viziuni strict structurale asupra lumii a unui număr, nu neglijabil, de oameni de știință și chiar filosofi[5]. Ansamblul celor două teze de mai înainte, numite generic teza Turing-Church, a deschis de fapt câmpul unei dezbateri asupra relației dintre procesarea informațională, computațională cu predilecție, și realitatea fizică, din două puncte de vedere:

- al realizării fizice a unor procesări informaționale;
- al fondului computațional și informațional al realității fizice.

III.

Odată cu apariția unor idei noi pentru computație, în special referitoare la calculatoarele moleculare și la calculatoarele cuantice, teza Turing-Church și conceptul de Mașină Turing Universală au cunoscut noi dezbateri și încercări de formulare a unor noi teze privind computația, precum și de noi concepte de mașini universale. În privința calculatoarelor moleculare, sau, în general, a electronicii moleculare, până în prezent s-au conturat câteva tendințe majore:

- electronica moleculară - s-o numim de tip (a)[6] - prin care se caută să se realizeze, cu ajutorul moleculelor, echivalentul circuite lor logice din electronica clasică a tranzistorului[4b], după modelele propuse de F.L.Carter[7] (obținerea de funcțiuni logice prin utilizarea proceselor electronice sau/si optice în sau între macromolecule) si de K.Eric Drexler[8] (funcțiuni logice obtinute prin miscarea mecanică a macromoleculelor).
- Electronica moleculară de tip (b) propusă de Michael Conrad în anul 1985 [9,10] ,pentru care recunoasterea între două molecule bi ologice cu conformatii complementare poate fi echivalentul unui calcul (computatii). Această recunoastere datorită conformatiei tridimensionale a moleculelor de tip biologic va reprezenta o compu- tatie echivalentă cu un mare număr de instructiuni elementare sau pasi algoritmici, printr-un singur proces fizic.
- Electronica moleculară de tip (c) [11] prin care se caută realizarea de automate celulare din structuri de molecule [12], un exemplu fiind oferit de natură prin microtubulele citoscheletului unei celule vii [13]. Se stie că automatele celulare au proprietăți computationale foarte puternice. Organizarea sau auto-organizarea automatelor celulare moleculare (adevărata nanoprocsoare) se poate face si în rețele de tip neural. În acest caz, se renunță la modelarea "circuitelor moleculare" după circuitele logice cu tranzistori pentru a se obtine module logice de nivel înalt [12].
- Calculatoare ADN (în engleză, DNA computers) - s-o numim electronică moleculară de tip (d) - initiate în anul 1994 de către Leonard Adleman [14], de la University of Southern California, care a si realizat în laborator primul calculator de acest tip. Adelman este considerat descoperitorul computatiei prin ADN. Realizarea a trezit un interes stiințific exceptional [15], iar domeniul se dezvoltă cu rapidi- tate, fiind informată si opinia publică [16]. Computatia are loc într-un recipient care contine un mediu fluid pentru moleculele de ADN. Datele de intrare sunt reprezentate de molecule ADN sintetizate în prealabil si introduse în recipient. Reactia care are loc, fiind necesare si unele operatii intermediare care constituie "programul " compu tatiei, duce la formarea de molecule de ADN care constituie solutia problemei date. Astfel, Adleman a rezolvat problema găsirii unui drum hamiltonian într-un graf - drum care trebuie să treacă printr- un număr de puncte date, dar o singură dată prin fiecare punct (7 puncte în cazul abordat de Adleman [17]).

Dacă în cazul electronicii moleculare de tip (a) este evidentă valabilitatea conceptului MTU si a tezei Turing-Church, si în cazul automatelor celulare, precum si al rețelelor neurale, nici acestea nu se plasează în afara acestui cadru. De aceea nici rețelele neurale având drept noduri, nu microprocsoare, ci automate celulare, fie ele si moleculare (electronica moleculară de tip (c)), nu depășesc concep tul MTU si teza Turing Church. Este adevărat că la rețele neurale, electronice sau moleculare, algoritmi se stabilesc, la o structură dată de retea, prin învățare adaptivă, dar sunt algoritmi, compu tatie rămâne efectivă. Faptul că rețelele neurale au fost simulate prin software pe calculatoare digitale clasice, iar astăzi se fabrică cipuri semiconductoare rețele neurale, acestea sunt dovezi "experimentale" ale nedepășirii MTU.

Lucrurile devin mai interesante pentru electronica moleculară de tip (b). Michael Conrad [18] afirmă, în deplin acord cu teza lui Tur ing, că orice proces fizic realizabil este echivalent cu o computatie, chiar dacă nu este obtinută printr-o computatie efectivă. Echivalenta cu o computatie

înseamnă de fapt echivalența generală, nu de detaliu, cu o computație efectivă, algoritmică, prin proceduri pas cu pas. Conform ideilor lui Conrad, recunoașterea dintre două biomolecule cu conformații complementare reprezintă un calcul al cărui rezultat este obținut printr-un singur proces fizic, dar care este echivalent cu un program conținând un foarte mare număr de pași (instrucțiuni). Important este faptul că se poate obține o computație, dar aceasta nu mai este efectivă sau algoritmică. Și totuși nu depășește, în mod evident, posibilitățile Mașinii Turing Universale.

Rezultă atunci două tipuri de computații:

- **algoritmică sau efectivă;**
- **nealgoritmică, cum este cazul conceptului de computație moleculară de tip conradian.**

În privința calculatoarelor ADN, acestea se încadrează, de asemenea, în cadrul Mașinii Turing Universale [19]. O proprietate naturală a calculatoarelor ADN este aceea a unui masiv paralelism al calculului. Datorită acestei proprietăți s-a trecut și la o redefinire a claselor de complexitate a calculului. Yali Friedman [15] observă următoarele:

"The fastest supercomputers can currently perform 1000 million instructions per second (MIPS); a single DNA molecule requires approximately 1000 seconds to perform an instruction (.001 MIPS). Obviously if you want to perform one calculation at a time (serial logic), DNA computers are not a viable option. However, if one wanted to perform many calculations simultaneously (parallel logic), a computer such as the one described above can easily perform 10^{14} MIPS. DNA computers also require less energy and space. While existing supercomputers operate 10^9 operations per Joule, a DNA computer could perform 2×10^{19} operations per Joule (10^{10} times more efficient). Data can be stored on DNA at a density of approximately 1 bit per cubic nm, while existing storage media require 10^{12} cubic nm to store 1 bit".

Se consideră că prin ADN și metodele standard de laborator, utilizate în biologia moleculară pentru manipularea acestor acizi, se pot obține memorii asociative care să înmagazineze 10^{20} cuvinte, fiecare cuvânt având mii de biți [20].

Paralelismul masiv și memoria uriașă extind cazurile de probleme din clasa de probleme tratabile (probleme P), atât din punctul de vedere al timpului de calcul, cât și din acela al spațiului de memorare. Calculatoarele ADN rezolvă, ca și cele clasice, **probleme P**, denumite polinomiale (timpul de calcul crește polinomial cu mărimea problemei, respectiv a algoritmului în calculul clasic [21]), dar nu rezolvă **probleme de tip exponențial** (la care timpul crește exponențial) **netratabile**. Problemele exponențiale sunt netratabile (deoarece timpul crește exponențial cu complexitatea problemei) pentru calculatoarele clasice, dar și pentru calculatoarele ADN. Evident, în cazul problemelor exponențiale de complexitate mică, acestea pot fi rezolvate, dar asemenea probleme se plasează la limita de jos a creșterii exponențiale.

Calculatoarele ADN pot rezolva probleme P de o complexitate mult mai mare decât cele clasice și chiar pot aborda, într-un anumit mod, unele probleme exponențiale. Cu privire la această

chestiune, în problema găsirii drumurilor hamiltoniene, Gh.Păun, care s-a remarcat prin lucrările sale privind teoria calculului molecular ADN, arată următoarele [22]:

"Problema (găsirii unui drum hamiltonian, rezolvată experimental de Adleman, n.n.M.D.) face însă parte dintr-o clasă de complexitate exponențială. Mai precis, ea este NP-completă: nu se cunoaște nici un algoritm care s-o rezolve într-un număr de pași care depinde polinomial de numărul de noduri, cei mai buni algoritmi (deterministi) de rezolvare cer un timp exponențial; dacă o "soluție" este "ghicită" într-un mod sau altul, corectitudinea ei poate fi testată într-un timp polinomial - sublin. ns.M.D.- (se spune că problema este NP-dificilă, NP prescurtând sintagma "polinomial nedeterminist", mai mult, orice problemă NP-dificilă poate fi redusă la problema noastră în timp polinomial (deci dacă problema noastră ar putea fi rezolvată în timp polinomial. Atunci orice altă problemă NP-dificilă ar putea fi rezolvată astfel; acesta este înțelesul "completitudinii" din sintagma NP-complet). Pe scurt, problema găsirii drumurilor hamiltoniene între două noduri ale unui graf face parte dintr-o clasă extrem de dificilă de rezolvat (sunt numite probleme "netrababile", indiferent de resursele de calcul folosite. Se poate însă imagina un algoritm nedeterminist de rezolvare, care este implementabil cu ajutorul ADN-ului (sublin. ns.M.D., ceea ce a și realizat L. Adelman)"

Alte aspect teoretic important este faptul că s-a putut defini un tip nou de automat, "automatul finit Watson-Crick", introdus de Freund, Păun, Rozenberg și Salomaa [23]. Această clasă de automate se deosebește de cele cunoscute prin tipul structurilor de date pe care le folosește, sub forma dublei elice ADN cu complementaritatea cunoscută a celor două benzi de nucleotide, spre deosebire de sirul linear unidimensional al automatelor cunoscute anterior.

Este de subliniat, încă odată, faptul că și aceste calculatoare se încadrează în teza Turing-Church [24].

IV.

În anul 1985, ca urmare a unor idei avansate anterior privind realizarea unor calculatoare cuantice [25], D. Deutsch propune [26] o formulare a tezei Turing-Church, care sub forma extinsă asupra domeniului fizicii să se refere nu numai la fizica clasică, ci și la fizica cuantică.

Teza Turing-Church extinsă de Deutsch este formulată astfel: "Orice sistem fizic finit realizabil poate fi perfect simulat de un **model universal de mașină computation ală** functionând cu mijloace finite." [27].

Dacă sistemul fizic este clasic, atunci el poate fi simulat de o MTU, respectiv orice proces fizic clasic este echivalent cu o computație pe o mașină Turing.

Dacă sistemul fizic este cuantic, datorită faptului că un sistem cuantic se găsește într-o suprapunere de stări, atât timp cât este supus ecuației lui Schrödinger fără a interveni o interacțiune cu mediul microscopic, de exemplu printr-un proces de măsurare, atunci el nu mai poate fi o mașină Turing. **Mașina Turing lucrează cu stări bine definite**, în timp ce sistemul cuantic operează cu mai multe stări simultan, starea cuantică fiind, de regulă, o suprapunere de stări cuantice.

Dacă un bit clasic nu poate fi decât fie în starea 0, fie în starea 1, un bit cuantic, numit q-bit (sau qubit în franceză), conține, **în același timp**, o componentă corespunzând valorii 0 și o componentă corespunzând valorii 1.

Dacă sistemul cuantic primește la intrare un mare număr de q-biti, atunci starea la intrare este o suprapunere a tuturor inputurilor posibile, care după ce sunt trecute prin circuitele logice cuantice, se obține la ieșire o suprapunere a tuturor output-urilor posibile ale acestei computații. Cu alte cuvinte "calculatorul realizează dintr-o dată toate computațiile posibile"[28]. Acesta este paralelismul calculatorului cuantic.

Deutsch a introdus conceptul de Calculator Universal Cuantic (Universal Quantum Computer-UQC) care să acopere domeniul fizicii cuantice (de fapt, acea funcționare cuantică în condițiile în care ecuația lui Schrödinger sau oricare alt formalism echivalent al mecanicii cuantice acționează neperturbat) la fel cum MTU acoperă domeniul fizicii clasice.

Mai mult decât atât, se speră ca orice posibil calculator cuantic, care lucrează în paralel cu multitudinea de stări cuantice suprapuse, să fie echivalent cu UQC, la fel cum orice calculator clasic este echivalent cu MTU. Deocamdată însă această teză foarte plauzibilă nu are verificările experimentale de care se bucură teza Turing-Church clasică.

Realizarea unui calculator cuantic este încă o problemă deschisă [29]. Progrese experimentale s-au făcut la nivelul câtorva porți logice cuantice, dar funcționarea unui mare număr de asemenea porți pune probleme dificile din cauza fenomenului inerent al reducerii cuantice datorită cuplajului inevitabil cu mediul înconjurător sistemului cuantic. De aceea, unii autori consideră că speranțele care se pun în calculatoarele cuantice sunt uneori excesive [30].

Avantajul calculatorului cuantic ar fi acela de a permite ca anumite probleme netratabile astăzi să poată fi rezolvate. Dacă prin calculatoare clasice pot fi rezolvate probleme polinomiale, prin calculatoare cuantice ar putea fi rezolvate și probleme exponentiale [31]. Astfel, se observă :

"Une simple amélioration technique (la calculatoarele clasice, n.n.s.M.D.) ne sera capable que d'accélérer les calcul par un facteur fixe, sans incidence aucune sur la relation exponentielle entre taille de données et durée d'exécution. En revanche, les superpositions quantiques sont en mesure de modifier qualitativement cette relation, précisément à cause de leur capacité à prendre en compte un nombre exponentiel de termes distincts (N q-bits --> 2^N possibilités traitées simultanément)"[32].

Dar, după cum am văzut, recuperarea informației pune probleme extrem de dificile.

Paralelismul calculatorului cuantic reprezintă o suprapunere de computații, fiecare dintre acestea fiind totuși echivalentă cu o mașină Turing. UQC este echivalent cu o suprapunere de mașini Turing funcționând în paralel și nu poate ieși din cadrul general al tezei Turing-Church, chiar dacă ar realiza și calcule exponentiale. Roger Penrose, din acest punct de vedere, observă:

"According to Deutsch's analysis, quantum computers cannot be used to perform non-algorithmic operations (i.e. things beyond the power of a Turing machine) but, can, in certain

very contrived situations, achieve a greater speed, in the sense of complexity theory, than a standard Turing machine"[33].

După cum se poate observa, atât calculatoarele moleculare structurale, cât și cele cuantice, chiar dacă pot permite introducerea unor concepte de noi automate, a unor tipuri noi de mașini de calcul, toate acestea rămân în cadrul Mașinii Turing Universale și al tezei Turing-Church.

Fată de cele de mai sus se pot formula următoarele principii fundamentale:

(A) Orice proces computațional structural nu depășește teza Turing-Church.

(B) Orice computație poate fi realizată de un proces fizic structural.

(C) Orice proces fizic structural este echivalent cu o computație.

Un proces fizic structural poate fi clasic sau cuantic.

Computația poate fi:

- algoritmică (efectivă, mecanică);
- molecular configuratională;
- ADN;
- cuantică.

Dacă principiile (A) și (B) sunt foarte solide, principiul (C), care afirmă și faptul că orice procesare informațională structurală este o computație, rămâne a fi examinat în fața posibilității existenței unor **procese informaționale structurale non-computaționale**.

Există oare asemenea procese? Vom examina această problemă în paragraful următor. Principiul (C) poate rămâne o teză valabilă dacă nu se va confirma existența procesărilor informaționale structurale non-computaționale.

V.

Dacă fizica clasică și fizica cuantică actuală pot fi denumite, datorită principiilor fundamentale (A), (B) și (C), fizici "computaționale" (este de observat faptul că fizica cuantică actuală este strict structurală și computațională), ne putem întreba dacă la o procesare informațională non-computațională nu corespunde și o eventuală fizică non-computațională, necunoscută până acum.

Procesarea informațională non-computațională este într-adevăr o problemă nouă. O asemenea idee a fost avansată de Roger Penrose într-un volum [34] din anul 1989, idee generată de încercarea de a explica funcționarea minții și conștiinței omului. Penrose sugerează ideea că în procesul gândirii conștiente se manifestă un ingredient, în mod esențial, non-algoritm și non-computațional. Deoarece fizica structurală, clasică și cuantică, este computațională în sensul amintit mai înainte, iar fizica clasică nu lasă

posibilitatea unor procesări non-computationale, nu rămâne decât să se presupună că numai la nivelul fizicii cuantice, care și așa este plină de mistere și de probleme de interpretare, ar putea să se manifeste procesări non-computationale. Aceasta este calea pe care merge Penrose presupunând că nu la nivelul proceselor cuantice descrise de ecuația lui Schrödinger pot apărea efecte non-computationale, procesul U cum îl numește el, ci, mai curând, la nivelul actului de observație sau al interacțiunii cu un mediu macroscopic, când are loc o reducere a descrierii cuantice, proces notat cu **R.U nu pot inter veni efecte non-computationale, dar, observăm, că nu este atât de sigur că la nivelul R**

Asupra modului de funcționare non-computatională a minții, fapt pe care l-am susținut și eu în lucrările mele de filosofia științei, încă din anul 1979, teoria pe care o schitează Penrose în al doilea volum al său rămâne încă să fie examinată. Penrose propune o modificare, de fapt o nouă fizică cuantică la nivelul procesului R, care pentru creier și minte ar deveni un proces OR.

Procesul OR. (de la "objective re- duction") este conceput de Penrose ca un proces non-computational. Observând că nici o computație cuantică nu poate depăși, în afara creierului [36], computația Turing (probabil și în alte organisme, n.ns.,MD), că procesele U și R sunt, în esență, computationale, procesul OR trebuie să fie, în mod fundamental, non-computational. Aceasta presupune însă o fizică nouă și o teorie a procesului OR bazată pe această nouă fizică. As vrea să reamintesc că ideea necesității unei fizici noi am demonstrat-o în lucrări publicate între anii 1979-1985, propunând denumirea de ortofizică [37], dar dintr-un alt punct de vedere, care va fi prezentat în paragraful următor. Roger Penrose propune o fizică cuantică nouă încadrată în domeniul structural al științei. Pentru Penrose, non-computabilitatea este o parte esențială a procesării informaționale pe planul conștiinței, datorită procesului OR, implicând, într-un ansamblu, neuronii creierului, citoschelete neuronilor, formarea unei stări cuantice coerente a acestui ansamblu, fenomenul conștiinței producându-se de fapt la nivelul microtubulelor citoscheletului. Propunerile sale reprezintă, evident, o ipoteză, recunoscând faptul că detaliile procesului sunt încă necunoscute. Recunoaște, de asemenea, următoarele:

"On the other hand, even the essential involvement of a precise non-computable OR action would not, in itself, necessarily imply the presence of consciousness - although, on my view, it would be a prerequisite for consciousness"38.

Procesul OR poate nu va explica conștiința, dar s-ar putea găsi eventual la limita extremă dintre structural și conștiință.

Noua teorie cuantică sugerată, deși ar cuprinde procesarea non-computatională, ea rămâne structurală și nu știm dacă va putea explica totuși fenomene specifice ale conștiinței cum sunt intenționalitatea, culoarea, sensul mental, în general toate procesele "subiective" denumite generic qualia. Dacă principiul "insuficienței științei structurale" [39,40,41] este valabil, atunci nu este de așteptat ca procesul OR structural să continue o procesare non-computatională. În acest caz, principiul (C) ar fi la fel de bine întemeiat ca și principiile (A) și (B).

Pentru o anumită prudentă, temporar, principiul (C) ar putea fi formulat astfel:

(Ctemporar) Orice proces fizic structural, cu excepția procesului cuantic OR, este echivalent cu o computație.

Rămâne însă de urmărit dacă procesul cuantic OR este un fenomen real.

Ceea ce pare să fie de reținut dintr-o asemenea cale de abordare, ca aceea a lui Roger Penrose, este intervenția paliului cuantic în funcționarea minții și conștiinței. S-ar putea ca implicarea cuanticului în asemenea procese să cunoască o confirmare în viitor, acest lucru fiind considerat și de mine ca inevitabil [42], deși forma acestei implicări rămâne încă o problemă deschisă.

VI.

Non-computationalul a fost însă imaginat și într-un alt mod.

Autorul prezentei lucrări, începând din anul 1979, în volume și articole dintre care unele sunt probabil cunoscute [43], cât și David Chalmers [44] în anii 1990, au propus modele de tip structural-fenomenologic ale minții și conștiinței [45]. În aceste două modele sunt multe elemente practic identice, elaborate și justificate în mod independent de cei doi autori. Astfel, un element comun este afirmația și justificarea faptului că, în mod fundamental, știința structurală, în ansamblul ei, nu poate explica funcționarea completă a minții și conștiinței [46,41]. În asemenea condiții, realitatea conștiinței impune recunoașterea fenomenului "experiențial" mental după Chalmers, sau a sensului fenomenologic mental (și nu numai) după Drăgănescu, de fapt unul și același fenomen având denumiri diferite, ca o realitate fundamentală non-computatională în esență. Construcțiile, dincolo de aceste puncte comune ale celor două modele, diferă, dar nu fără anumite tangente interesante, și sunt mai mult sau mai puțin speculative. Trebuie reținută însă posibilitatea ca realitatea structurală pe care o descrie știința contemporană, pe care am numit-o știința-S (S-science) să fie de fapt o parte a unei realități mai complexe structural-fenomenologice descrisă de o știință structural-fenomenologică denumită știință-SP (SP-science)[47].

Procesele informaționale non-computationale pot fi fenomenologice sau structural-fenomenologice, ceea ce le conferă un caracter neformal. Pentru aspectul fenomenologic al proceselor mentale se pare că va fi necesar să se recurgă, de asemenea, la nivelul cuantic al fenomenelor din creier.

În cadrul unei științe-SP se vor putea constitui o fizică-SP, o biologie-SP, o neurobiologie-SP și, evident, va putea fi pusă în evidență o procesare informațională de tip structural-fenomenologic.

Pentru o știință-SP se pot formula următoarele principii fundamentale:

(D) Orice proces fizic structural- fenomenologic sau fenomenologic este echivalent cu o procesare informatională.

(E) Orice procesare informatională poate fi realizată de un proces fizic (structural, structural-fenomenologic sau fenomenologic, după caz).

Aceste principii nu înseamnă reducerea întregii realități la informație. Dar înseamnă afirmarea strânsii legături dintre fizic și informațional, complementaritatea lor în natura lucrurilor.

Până la proba contrarie, conform comentariilor din paragraful anterior, se poate susține teza,

(F) Orice procesare informatională non-computatională nu poate fi strict structurală, ea implică întotdeauna procese fenomenologice.

Principiile (D), (E) și (F) se bazează pe ideea existenței procesului fenomenologic și a unui cuplaj între structural și fenomenologic, ca procese reale fundamentale ale naturii [48].

VII.

Autorul mulțumeste dr. Gheorghe Stefan pentru discuțiile avute pe marginea unor idei din această lucrare, dr.Gh.Păun pentru lucrările personale referitoare la calculul ADN, transmise autorului odată cu comentarii personale interesante și utile, Centrului de Cercetări Avansate în Învățarea Automată, Prelucrul creării Limbajului Natural și Modelare Conceptuală pentru care lucrarea de față constituie un raport în cadrul temei de cercetare "modelarea structural-fenomenologică" și Facultății de Automatică și Calculatoare a Universității "Politehnica" București pentru invitația de a o prezenta la simpozionul organizat la 28 martie 1997, cu ocazia împlinirii a 30 de ani de existență a facultății.

Note și referințe bibliografice.

- 1. A.M.Turing, On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem, Proc.London Math.Soc.Ser.2, vol.442, pag.230-265, 1936; J.Church, Amer.J.Math., vol.58, pag.435, 1936.**
- 2. Arto Salomaa, Computation and Automata, Cambridge University Press, 1985, p.78.**
- 3. Termenul de falsificabilitate, tradus din limba engleză în limba franceză prin "falsificabilité", provine (René Chion, lettre, La Recherche, décembre 1986,p.7) dintr-o eroare de traducere "I interpretare în limba franceză a verbului "to falsify". In anul 1983, André Lwoff ,premiu Nobel, arată că cea mai bună traducere, în**

spiritul lui Popper, a acestui verb nu este "falsifier", ci "réfuter", adică a proba sau demonstra falsitatea (Tribune libre, La Recherche, mars 1983, p.368-9).

4. Roger Penrose, *Shadows of the Mind. A search for the missing science of consciousness*, New York, Oxford University Press, 1994, Paperback edition 1996, p.21.

5. Mihai Drăgănescu, *La réalité: est-elle un processus calculatoire ?*, în vol. *Autorului L'Universalité ontologique de l'information*, Editura Academiei Române, București, 1996, Ch.7, p.93-98. Ediție Internet: <http://www.racai.ro/books/draganescu>

6. Mihai Drăgănescu, Gheorghe ătefan, Corneliu Burileanu, *Electronica funcțională*, București, Editura tehnică, 1991, p.362-370.

7. Idee lansată de A.Avram și M.Ratner (1974) și de Forrest L. Carter (1982,1987,1988) - apud J. P. Lunay, *Molecular Electronics*, în vol., ed. D.K.Ferry, *Granular nanoelectronics*, Plenum Press, New York, 1991,p.413.

8. Mihai Drăgănescu, *Ingineria moleculară și inteligentă*, în vol. *Autorului Cariatidele gândului*, Editura Academiei Române. București, 1996, p.122.

9. Michael Conrad, *On design principles for a molecular computer*, *Communications of the ACM*, vol.28, 1985, May, p.465.

10. Mihai Drăgănescu, Gheorghe Stefan, Corneliu Burileanu, *Electronica funcțională*, op.cit., p.362-364, 379.

11. Idem, p.379-382.

12. J.R.Barker, P.C.Conolly and G.Moores, *Interfacing to Biological and Molecular Structures*, în vol., ed. D.K.Ferry, *Granular nanoelectronics*, op.cit., p. 425- 440.

13.. Stuart R. Hameroff, *Ultimate Computer; Biomolecular Consciousness and Nanotechnology*, Amsterdam, North-Holland, 1987.

14. Leonard Adleman, *Molecular computation of solutions to combinatorial problems*. *Science*, vol. 266, 1994, p.1021-1024.

15. Yali Friedman, *DNA Computing*, *Biochemistry Online*, 1996, may.

16. Gina Kolata, *A vat of DNA may become the fast computer of the future*, *New York Times News Service*, 1995.

17. Leonard Adleman, *Molecular Computation, The Princeton DNA-Based Computers Workshop*, 14 Apr 1995. Rezumatul lucrării: "Recently a small instance

of the 'Hamiltonian path problem' was encoded in molecules of DNA and solved inside a test tube using standard methods of molecular biology. In this talk, that experiment will be reviewed and the implication will be discussed.

Can practical molecular computers actually be built?

Might they be as much as a billion times faster than current super computers? Are there implications for Biology, Chemistry and Medicine? What are the directions for future research? It is hoped that an exchange of ideas among biologists, chemists, computer scientists, engineers, mathematicians, physicists and others will ensue".

18. O listă a lucrărilor lui Michael Conrad poate fi găsită pe WWW la adresa <http://www.cs.wayne.edu/biolab/publications.html>

19. Gheorghe Paun, Arto Salomaa, From DNA Recombination to DNA Computing Via Formal Languages, TUCS Technical Report No. 43, September 1996, ISBN 951-650-836-7, ISSN 1239-1891, Full paper in PostScript format (600 Kb) and in compressed PostScript format (78 Kb), tlehto@abo.fi (Tiina Lehto). Abstract: "We briefly present notions and results from three directions of research which use formal language theory tools for modelling operations specific to DNA (and RNA) recombinations; in all cases one obtains computability models which are universal (language generating devices are obtained which equivalent in power with Turing machines). The basic operations are those of matching (a model of the Watson-Crick complementarity), of splicing (a model of the recombinant behaviour of DNA sequences under the influence of restriction enzymes), and of insertion/deletion (known to hold both for DNA and for RNA sequences)".

20. Eric B. Baum (NEC Research Institute, Princeton, NJ), "How to Build an Associative Memory Vastly Larger than the Brain", The Princeton DNA- Based Computers Workshop, 14 Apr 1995.

21. Vezi în Mihai Drăgănescu, Gheorghe Stefan, Corneliu Burileanu, Electronica funcțională, op.cit., p.137-140.

22. Gheorghe Păun, Calculatoare pe bază de ADN, 1997, 16 pag., articol pentru "Enciclopedia de informatică medicală", Editura Academiei Române, în pregătire.

23. Rudolf Freund, Gheorghe Păun, Grzegorz Rozenberg, Arto Salomaa, Watson-Crick finite automata, 1997, 15 pag., pt. Conferința " Molecular Computing", 1997.

24. Gh.Păun, comunicare personală: automatele care lucrează pe o bandă Watson-Crick " sunt modele discrete, finite, deci pot fi enumerate - de exemplu, lexicografic, într-o codificare adecvată sub formă de siruri - si deci pot fi simulate pe masini Turing".

25. Timothy P. Spiller, Quantum Information Processing: Cryptography, Computation and Teleportation, Proceedings of the IEEE, vol.84., December 1996, p.1719-1746.
26. D.Deutsch, Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer, Proc. R. Soc. London, vol. A400, 1985, pag.97- 117.
27. Apud Timothy P.Spiller, op.cit., p.1732.
28. Seth Lloyd, Quantum-Mechanical Computers, Scientific American, October 1993, p.48.
29. Timothy P.Spiller, op.cit., p.1732 , care citează pe A. K. Eckert și R. Jozsa, Rev. Mod. Phys.,1996.
30. Serge Haroche et Jean-Michel Raymond, L'Ordinateur quantique, rêve ou cauchemar? , La Recherche, novembre 1996, p.58-60.
31. Adriano Barenco, Artur Ekert, Chiara Machiavello, Anna Sanpera, L'Ordinateur sous le charme quantique; un saut d'échelle pour les calculateurs, La Recherche, novembre 1996, p.52-60.
32. Idem, p.57.
33. Roger Penrose, The Emperor s New Mind. Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics, New York, Oxford University Press, 1989, p.402.
34. Roger Penrose, The Emperor s New Mind, op.cit.
35. Roger Penrose, Shadows of the Mind, 1994, op.cit.
36. Idem, p.355-356.
37. Mihai Drăgănescu, Ortofizica, Bucuresti, Editura stiintifică si Enci- clopedică, 1985.
38. Roger Penrose, Shadows of the Mind, op.cit., p.409.
39. Mihai Drăgănescu, Informatia materiei, Editura Academiei Române, Bucuresti, 1990, p.83-85.
40. Mihai Drăgănescu, Principes d'une science structurale-phénoménolo- gique, Bulletin de la Classe des Lettres et des Sciences Morales et Politiques, Académie Royale de Belgique, 6e série, Tome IV, No.7-12, p.255-311.

41. Mihai Drăgănescu, Sur la notion et le domaine de la Vie Artificielle ,Bulletin de la Classe des Sciences,Academie Royale de Belgique, 6e série ,Tome VI, No.7-12, 1995, 13 pages.

42. Mihai Drăgănescu,Ortofizica, op.cit., p.337-354.

43. Pentru referințe vezi și Mihai Drăgănescu, Notes on the Notions of Understanding and Intelligence, 2 ianuarie 1997, E-preprint, spre publicare revistei Noesis. De asemenea, <http://www.racai.ro/~ncristin/MD-Web/mdraganescu.html>

44. David Chalmers, The Conscious Mind, New York, Oxford University Press, 1996.

45. Mihai Drăgănescu, On the Structural-Phenomenological Theories of Consciousness, January 11,1997, E-preprint. On the Web : <http://www.racai.ro/~ncristin/MD-Web/mdraganescu.html>

46. David J.Chalmers, The Puzzle of Conscious Experience, Scientific American, December 1995, p.62-68.

47. Denumirea de structural-fenomenologic începe să fie agreată și de câțiva oameni de știință din străinătate, de exemplu, Yves Kodratoff (Director de cercetare CNRS-Franța, în prefața la volumul de la nota 5 de mai sus) și David Chalmers (comunicare personală prin e-mail).

48. Mihai Drăgănescu, The Method of Structural-Phenomenological Recognition ,februarie 1997, E-preprint, spre publicare la Frontier Perspectives. On the Web : <http://www.racai.ro/MD-Web/mdraganescu.html>

Comunicare la Simpozionul organizat de fac. de Automatică și Calculatoare, Universitatea "Politehnica" București, cu ocazia împlinirii a 30 de ani de existență, 28 martie 1997; publicată în vol. Rolul Invățământului și al Cercetării științifice universitare în dezvoltarea Societății Informaționale, București, 1997, p. 31-39.