

ONTOLOGIE ȘI NANOTEHNOLOGII

Titu-Marius I. BĂJENESCU, prof. ing. Elveția

INTRODUCERE

Ontologia este un domeniu filozofic complex care are ca obiect studiul ființelor, natura reală a tot ceea ce ne înconjoară și sensul vieții. Ea studiază ansamblul obiectelor recunoscute ca existând într-un domeniu. Ontologia încearcă să ofere o clasificare definitivă și exhaustivă a entităților în toate sferile ființei. Clasificarea trebuie să fie definitivă în sensul că poate servi ca răspuns la întrebări precum: Ce clase de entități sunt necesare pentru o descriere și explicație completă a tuturor acțiunilor în univers? Ar trebui să fie exhaustivă în sensul că toate tipurile de entități ar trebui să fie incluse în clasificare, inclusiv tipurile de relații prin care entitățile sunt legate între ele pentru a forma o mulțime mai mare.

De mai mulți ani, ea este utilizată în ingineria cunoașterii și în inteligența artificială pentru a structura conceptele domeniului. Conceptele sunt apoi reunite, structurate și considerate cărămizi elementare pentru a putea exprima cunoștințele domeniului respectiv. Ontologiile sunt utile pentru a crea un consens, a construi sisteme bazate pe cunoștințe. Dintre numeroasele proiecte ontologice vom aminti [1 - 3] doar Web semantic, o extensie a Webului standardizat de *World Wide Web Consortium* (W3C); aceste standarde încurajează folosirea formatelor de date și protocoale de schimburi normate pe Web, folosind formatul de bază *Resource Description Framework* (RDF).

Problema fundamentală este respectarea diversității limbajelor și reprezentărilor lumii, permițând simultan schimburile de informații în tehnologiile informației și comunicației. Ontologia se adresează tuturor celor care trebuie să sistematizeze expresia cunoștințelor pe care le manipulează. Acest lucru se referă la persoanele care vor face atât capitalizarea cunoștințelor, cât și a sistemelor de informații.

Metodele ontologiei - folosite întotdeauna în sensul adecvat în contexte filozofice - sunt metodele filozofiei, în general. Acestea includ dezvoltarea de teorii cu un domeniu de aplicare mai larg sau mai restrâns, precum și testarea și perfecționarea unor astfel de teorii, prin măsurarea lor, fie împotriva unor exemple contrare dificile, fie împotriva rezultatelor științei. Aceste metode erau deja familiare lui Aristotel.

În cursul secolului XX, o gamă de noi instrumente formale au devenit disponibile ontologilor pentru dezvoltarea și testarea teoriilor lor. Ontologii au în prezent la dispoziție o gamă de cadre formale (derivate din algebră, teoria categoriei, mereologie¹, teoria mulțimilor, topologie) cu termenii cărora pot fi formulate teoriile lor. Aceste noi instrumente formale, împreună cu limbajul logicii formale, permit filozofilor să exprime principii intuitive și definiții în mod clar și riguros și - prin aplicarea metodelor de semantică formală - pot permite și testarea teoriilor pentru consistență și deplinătate logică.

Pentru a crea reprezentări eficiente, este un avantaj dacă știm ceva despre lucrurile și procesele pe care încercăm să le reprezentăm. (S-ar putea numi Credo-ul ontologului). Încercarea de a satisface acest credo i-a determinat pe filozofi să fie deosebit de oportuniști în sursele pe care le-au atras în explorările ontologice ale realității și în teoria lor ontologică [4 - 13].

Există o mulțime de definiții ale nanotehnologiilor; în esență, este vorba de cercetarea unui domeniu de dezvoltare tehnologică la o scară cuprinsă între 1 și 100 nanometri (nm), pentru constituirea unui corp de cunoștințe a fenomenelor și materialelor la această scară - pe de o parte - și pentru a crea și folosi componente și sisteme care, datorită dimensiunilor mici, prezintă proprietăți și funcționalități noi - pe de altă parte. Acestea apar la o asemenea scară din diferite motive: efecte cuantice, natura granulară a electricității, natura ondulatorie a luminii, efecte de izolare, efecte bazate pe dimensiunea suprafețelor de schimb, predominanța raporturilor suprafață-volum, etc.

Nanotehnologiile au trăsături specifice: dialogul, participarea, angajamentul publicului sunt concepute ca exerciții de neînlocuit și ca pasaje obligate ale programelor științifice. Modul în care sunt puse în discuție problemele nanotehnologice sunt și moduri de atribuire a rolurilor politice. Din acest punct de vedere, se poate spune că o metodă de tratare a riscurilor este, în felul ei, participativă. Ea oferă un model politic, definește - pentru indivizi și grupuri ale societății civile - modalități de a se

¹ Mereologia este o colecție de sisteme formale axiomatice care tratează relațiile dintre întreg și o parte a sa. Mereologia este în același timp o aplicație a logicii predicatelor și o ramură a ontologiei formale.

investi (sau nu) în decizia publică privind subiectele tehnice. Tot așa, ridicarea problemelor etice ale nanotehnologiilor este o modalitate de a atribui roluri în viața publică, de a organiza democrația și, deci, de a construi o anumită participare a publicului. Cu toate acestea, programele privind nanotehnologiile nu se mulțumesc cu aceste considerații, ci convoacă o „soluție participativă” pentru a rezolva o problemă anticipată a „relațiilor cu publicul”. „Soluția participativă” se sprijină pe instrumente ca susținerea financiară a mecanismelor de dialog, interes pentru acțiuni în direcția marelui public, o reflecție internațională asupra celor mai potrivite mijloace de implicare a publicului în programele nanotehnologice.

De pe la începutul anilor 1990, termenul nanotehnologii – creat pentru a desemna tehnologii capabile să elaboreze obiecte structurate la scară nanometrică (10^{-9} m, o miliardime de metru) – a invadat revistele, jurnalele, televiziunea, romanele, ba chiar domeniul publicitar, dar și dezbaterile etică.

Câteodată intervenția eticii (totalitatea normelor de conduită morală) în nanotehnologii este criticată, deoarece eticienii care se interesează de nanotehnologii nu fac altceva decât să rămână la teoriile lor sau caută finanțări atrăgând atenția asupra unor subiecte imposibil de tratat, întrucât nu există încă aplicații. Această critică nu ține seama de multiplele practici ale eticii și nici nu înțelege rolul politic al modalităților de a face etică. Astfel etica-adevăr este cea a bănuielii, a îndoielii, așadar a neîncrederii față de nespecialiști, cărora trebuie să le furnizăm o bună informație înainte ca ei să se poată pronunța. Dimpotrivă, etica politică se interesează de participarea grupurilor respective, sub forme ce pot fi independente de problema tratată (ca în cazul eticii procedurale) sau care pot fi total integrate la fabricarea științifică a nanotehnologiilor (cazul eticii politice ontologice).

Este cu atât mai important să punem în lumină aceste distincții cu cât etica devine, împreună cu nanotehnologiile, o parte integrantă a politicii științifice. Ea mobilizează finanțarea publică, ia poziție asupra deciziilor ce vor fi luate, atribuie roluri și posibilități de acțiune. Astfel coerența între inovația responsabilă și etica-adevăr întărește și o postură și cealaltă, într-o abordare care nu ridică probleme - ceea ce constituie, totuși, inima problemei politice a nanotehnologiilor - altfel spus constituția substanțelor și problemele publice. Etica politică ontologică oferă o cale pentru a o realiza, cu prețul integrării ei complete în abordarea nanotehnologiilor. Problema - cheia a riscurilor sanitare este cea a existenței substanțelor. La sfârșitul problemelor etice ale nanotehnologiilor – datorită dimensiunii exploratorii a problemelor etice

ale nanotehnologiilor – însăși conținutul „problemelor etice” este nesigur. În acest caz putem considera aspectul etic al nanotehnologiilor ca având de-a face cu constituția ființelor fizice și chimice (nanoparticule sau mașini moleculare), de definire a viitorului posibil și de construcție a problemelor publice – ceea ce etica politică ontologică are meritul de a o lua în serios.

Ca disciplină, chimia a rămas atașată tradițiilor ei și subdiviziunilor stabilite din secolul 19, în cea mai mare parte, care păstrează o surprinzătoare vitalitate. Însă orice prezentare a chimiei contemporane și a celor mai promițătoare avansări trebuie să se țină seama de cotitura biologică a disciplinei, începută la sfârșitul secolului 20.

2. SCURTĂ ISTORIE A NANOTEHNOLOGIEI

Se face referire adesea [15 - 17] la o prelegere ținută de Richard Feynman în 1959 la Caltech, intitulată "*There's plenty of room at the bottom*"; Feynman a expus viziunea sa despre mașinile care fac componente pentru mașini mai mici (o operațiune destul de familiară la scară macro), și care, atunci când sunt asamblate, sunt capabile să facă componente pentru mașini mai mici și să continue pur și simplu secvența până când se ajunge în domeniul atomic.

O idee similară a fost propusă, cam în același timp, de Marvin Minsky: "Este clar că este posibil să existe mașini complexe de dimensiunea unui purice; probabil că vor avea dimensiunea celulelor bacteriene, dacă luăm în considerare eforturile contemporane de construire a ordinarilor de mici dimensiuni."

Ne putem întreba dacă Feynman și Minsky n-au citit, în prealabil, povestioara "Waldo" de Robert A. Heinlein, care introduce tocmai această idee (povestioara a fost publicată în revista "Astounding" din august 1942, sub pseudonimul Anson MacDonald). Aici găsim germele ideii asamblorului, un concept elaborat ulterior de Eric Drexler. Asamblorul este o mașină universală de montaj la scară nano, capabilă nu numai de a face materiale nanostructurate, ci și alte mașini (inclusiv copii ale mașinii însăși).

Construirea primului asamblor va fi laborioasă, atom cu atom, dar, odată ce va funcționa, numărul atomilor ar putea crește exponențial, iar atunci când va fi fost realizat cu un număr mare de atomi, se va ajunge la capacitatea de producție universală nano.

3. DEFINIȚIA NANOTEHNOLOGIEI

Cea mai simplă definiție a nanotehnologiei este "tehnologia la scară nanometrică". Diferitele definiții care circulă în prezent pot fi rezonabil parafrazate. Evident, această definiție nu poate fi înțeleasă în absența componentelor nanotehnologiei, cum ar fi "nanofibra", se referă așadar la scara nano. Într-adevăr, în mod generic, fiecare cuvânt care începe cu "nano" îl putem scrie ca "nanoX" și poate fi definit ca "scara nano X". Prin urmare, dacă nu definim "scara nano", nu putem defini în mod corespunzător nanotehnologia. Se consideră că scara nano acoperă intervalul de la 1 la 100 nm. În esență, acesta este un consens fără o bază rațională puternică.

O definiție de dicționar a nanotehnologiei este "proiectarea, caracterizarea, producția și folosirea de materiale, dispozitive și sisteme prin controlul formei și mărimii la scară nanometrică" [16]. O definiție alternativă ar fi: "Manipularea deliberată și controlată, plasarea precisă, măsurarea, modelarea și producția materiei la scară nano, pentru a crea materiale, dispozitive și sisteme cu proprietăți și funcții fundamentale noi."

US Foresight Institute dă următoarea definiție: "nanotehnologia este un grup de tehnologii emergente în care structura materiei este controlată la scară nanometrică pentru a produce materiale și dispozitive noi care au proprietăți utile și unice". Funcția este subliniată în "proiectarea, sinteza, caracterizarea și aplicarea materialelor, dispozitivelor și sistemelor care au o organizare funcțională în cel puțin o dimensiune pe scară nanometrică"; nanotehnologia se referă la prelucrarea materialelor în care structura unei dimensiuni mai mici de 100 nm este esențială pentru obținerea performanțelor funcționale necesare.

În figura 1 sunt reprezentate ramificațiile și „colaborările” nanotehnologiei.

4. INFLUENȚELE ASUPRA MEDIULUI

Pe măsură ce tot mai multe produse utilizează nanotehnologiile pentru a-și spori performanța, o întrebare-cheie este: care ar putea fi influențele asupra mediului? Cercetări recente spun că există diferențe semnificative în ceea ce privește impactul pe care-l putem aștepta de la diferite nanomateriale, în funcție de proprietățile lor, de modul de utilizare, de nivelul emisiilor, de mediul în care sunt eliberate, de mobilitatea acestora în mediul

înconjurător, de destinația lor finală și de toxicitatea lor intrinsecă.

5. INIȚIAL, LA BAZA NANOTEHNOLOGIILOR A STAT O VOINȚĂ POLITICĂ NESTRĂMUTATĂ

O voință politică a condus la existența nanotehnologiilor, permițând obținerea de credite, a mijloacelor și structurilor de cercetare corespunzătoare. Ne aflăm la California Institute of Technology (Caltech), în ziua de 21 ianuarie 2001. În această zi, președintele american Bill Clinton este prezent la Caltech – una din cele mai renumite universități științifice din SUA. În spatele pupitrului de la care Clinton se adresează mulțimii de profesori, cercetători și studenți care veniseră să-l asculte, era scris cu litere aurite pe un mare panou de culoare albastră „*Investing in science and technology for a strong America*”; Clinton venise să prezinte bugetul pentru științe și tehnologii, pentru anii următori. El era însoțit de Neal Lane (consilierul său științific) și de Rita Colwell (directoarea organismului *National Science Foundation* care asigură o mare parte din finanțările publice ale cercetărilor americane). Împreună cu Clinton venise și Gordon Moore, autorul faimoasei „legi Moore” care spune că performanțele componentelor electronice vor crește cu regularitate, la costuri constante.

Clinton se adresează celor care „au făcut posibilă fabricarea de circuite integrate din ce în ce mai complexe permițând astfel realizarea primei vizite ghidate pe Marte” și anunță crearea unui fond de cercetări pentru secolul XXI, dotat cu 2,8 miliarde USD. Și Președintele explică: „Știința ne permite să trăim o viață mai lungă și mai sănătoasă.”

În cadrul acestui plan masiv de susținere a cercetării științifice, Clinton anunță lansarea unei inițiative naționale privind nanotehnologiile, finanțată cu 500 milioane USD, pentru anul 2001. Și Președintele continuă: „Imaginați-vă niște materiale de zece ori mai rezistente decât oțelul, care cântăresc o fracțiune din greutatea lui; toate lucrările existente în Biblioteca Congresului ar putea să încapă într-un cub de dimensiunea unei bucați de zahăr cubic; instrumente pentru detectarea tumorilor abia de vor avea mărimea câtorva celule. Iată doar câteva exemple din promisiunile nanotehnologiilor pe care le va realiza și garanta viitoarea Inițiativă Națională cu privire la Nanotehnologii. Căci nanotehnologiile sunt sectorul care va furniza inovațiile revoluționare de mâine – așa cum a spus Neal Lane, în urmă cu doi ani, în fața Congresului American.”

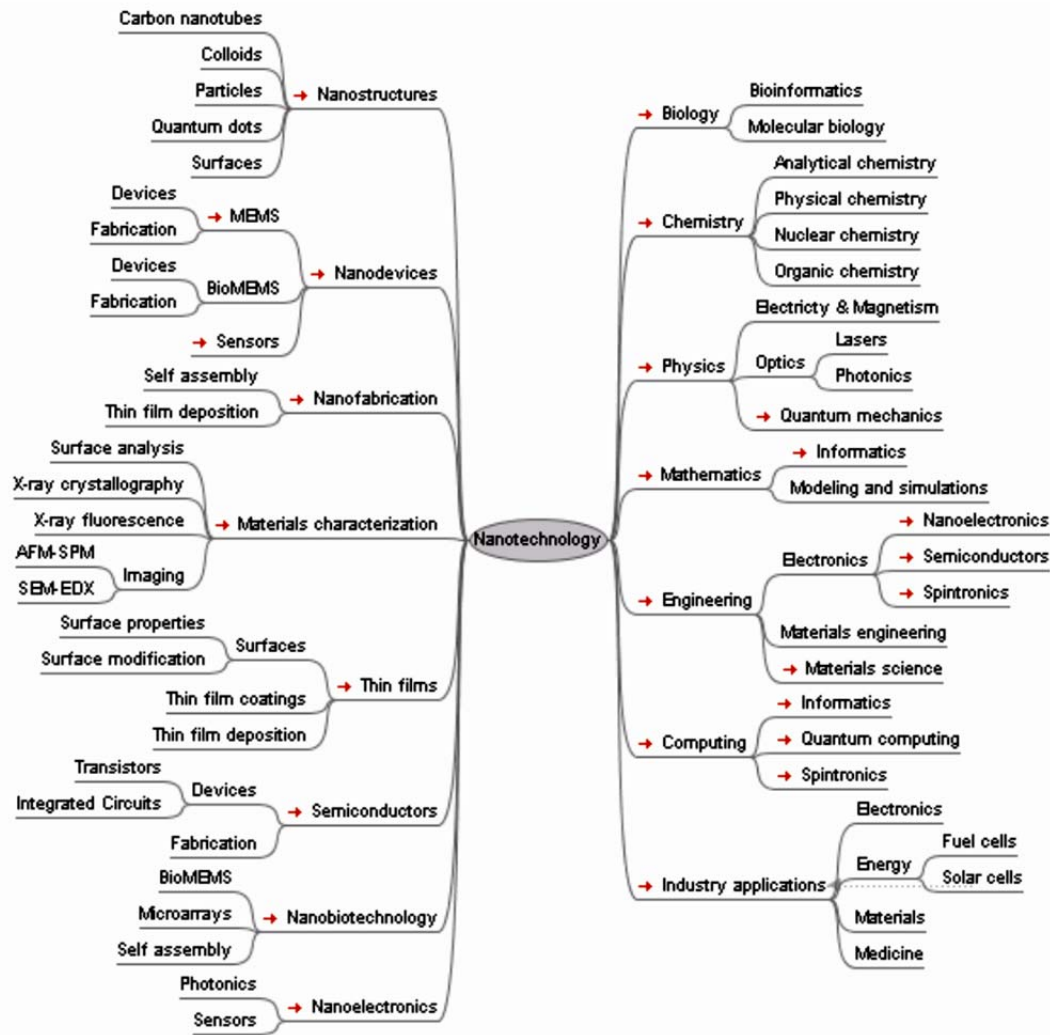


Figura 1. Ramificațiile și „colaborările” nanotehnologiei [21].

Definind dezvoltarea nanotehnologiilor ca având o importanță națională, Clinton considera că problema nanotehnologiilor, pusă administrației sale, constă în a asigura construirea unei politici științifice capabilă să respecte promisiunile anunțate. Iar viitorul i-a dat, în întregime, dreptate.

6. DISPOZITIVE NEUROPROTETICE

Structura și comportamentul unui dispozitiv neuroprotetic pot fi analizate din diferite perspective. Noi ne referim la o ontologie care poate fi folosită pentru a descrie caracteristicile fundamentale ale unei neuroproteze cu rolul de dispozitiv de calcul. Ontologia se bazează pe tipologiile existente de dispozitive neuroprotetice și pe ontologii dezvoltate pentru alte tipuri de dispozitive, cum ar fi dispozitivele mobile și sistemele robotizate. Ea descrie patru aspecte cheie care modelează funcționarea neuroprotezei ca dispozitiv de calcul:

(a) contextul extern al dispozitivului (inclusiv agenții umani care participă la dezvoltarea și utilizarea acestuia, factorii care influențează disponibilitatea dispozitivului și relațiile dispozitivului cu corpul gazdei sale umane);

(b) componentele fizice ale neuroprotezei (inclusiv morfologia de bază a dispozitivului, mecanismele de intrare și ieșire și substratul de calcul);

(c) procesele utilizate de dispozitiv (inclusiv procesele de calcul și modalitățile de intrare și ieșire);

(d) tipurile de informații generate sau manipulate de dispozitiv (care pot include date privind starea și mediul dispozitivului, date privind procesele cognitive și biologice ale gazdei umane a dispozitivului și cunoștințe procedurale și declarative). Utilizarea unei astfel de ontologii permite ca funcționalitatea unei neuroproteze ca dispozitiv de calcul să fie mai ușor analizată sau proiectată și facilitează interoperabilitatea dintre

neuroprograme, gazde și utilizatorii lor umani, și sistemele informatice externe.

7. CE ESTE O NEUROPROTEZĂ?

O neuroproteză poate fi definită ca un dispozitiv artificial care este integrat în circuitele neuronale ale unei ființe umane, creând astfel un sistem de dispozitive neurocibernetice gazdă care posedă atât elemente umane, cât și computerizate. Neuroprotezele pot fi clasificate ca interfețe neuronale de ieșire, care transformă intențiile creierului în acțiuni externe sau ca interfețe neuronale de intrare, care iau informații din mediul înconjurător și îl convertesc în percepții - cum ar fi implantul auditiv și ochiul bionic).

8. NECESITATEA UNEI ONTOLOGII A DISPOZITIVELOR NEUROPROTETICE

Înainte ca arhitecturi de întreprinderi eficiente să poată fi dezvoltate pentru organizațiile care desfășoară neuroproteze, este necesar să existe o ontologie adecvată pentru astfel de echipamente în rolul lor de dispozitive de calcul. O astfel de ontologie ar trebui să definească gama de valori posibile pentru caracteristicile relevante care sunt esențiale pentru arhitectura întreprinderii și ale căror valori pot varia în universul dispozitivelor neuroprotetice. Ontologia trebuie să includă atât caracteristicile fizice, procesele, contextele, cât și relațiile pe care le au astfel de dispozitive.

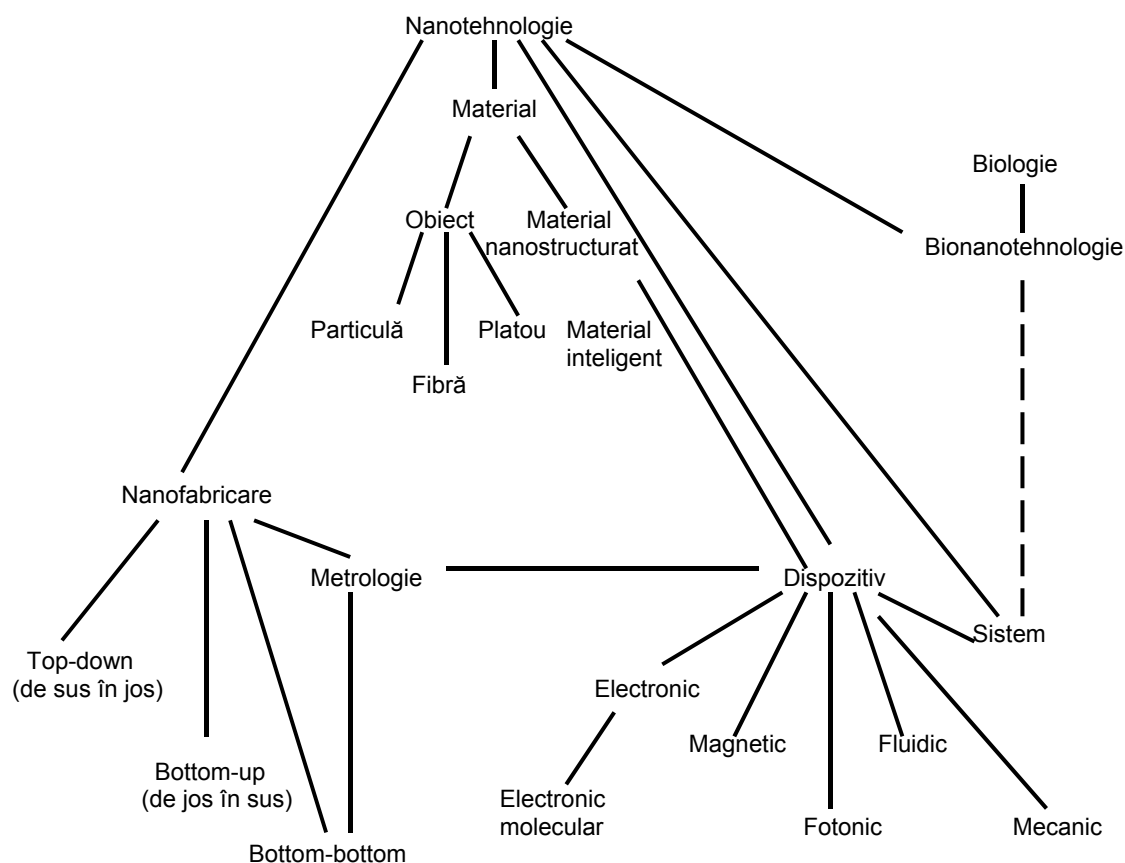


Figura 2. Un concept de sistem (ontologic) pentru nanotehnologie [17].

Majoritatea termenilor ar trebui să aibă, în mod normal, prefixul "nano" (de exemplu, nanometrologie și nanodispozitiv). O linie întreruptă înseamnă doar că, dacă conceptul supraordonat contribuie, prefixul trebuie să-l indice (de exemplu, bionanodispozitiv și bionanosisteme). Biologia poate avea, de asemenea, o contribuție la nanofabricare, inspirând - în special - procesele de auto-asamblare.

În diagramă nu este prezentată ceea ce se-ar putea numi "nanotehnologia conceptuală" sau "nanotehnologia virtuală", altfel spus controlul ingineriei (experimental și teoretic), și nici controlul altor procese biologice la scară nanometrică, pentru a putea înțelege mai bine conceptul.

Tabelul 1 Câteva concepte nano, intensitățile și extinderile lor [17]

Intensități	Concept	Extindere
Una sau mai multe dimensiuni externe la scară nano	Nano-obiect	Grafen, fulerene
Una sau mai multe caracteristici la scară nano Automatizare cu stocarea informațiilor și/sau variante de procesare la scară nano	Nanomaterial Nanodispozitiv	Nanocompozite Tranzistor cu un singur electron

11. SISTEM CONCEPTUAL PENTRU NANOTEHNOLOGIE

9. TIPURI EXISTENTE DE NEUROPROTEZE

Există o serie de abordări pentru clasificarea neuroprotezelor sub forma unor tipologii de dispozitive dezvoltate de cercetătorii din domeniul neuroprotetic. Aceste tipologii sunt, de obicei, prea abstracte pentru a fi aplicate direct la dezvoltarea arhitecturilor întreprinderii. De obicei, ele sunt - prin natura lor - funcționale: de exemplu, un dispozitiv neuroprotetic poate fi clasificat pe baza naturii interfeței sale cu circuitele neuronale ale creierului (ca senzor, motor, motor bidirecțional, sensorimotor sau cognitiv, scopul său fiind, de pildă, restaurarea, diagnoza, identificarea, îmbunătățirea sau localizarea sa în raport cu creierul și corpul (de exemplu, neinvaziv, parțial invaziv sau invaziv). Analizând și clasificând neuroprotezele - în primul rând în funcție de un singur aspect al funcționării lor - constatăm că acestor tipologii le lipsește abordarea cuprinzătoare și nivelul de detaliu necesar pentru un dispozitiv ontologic eficace.

10. DISPOZIȚII ONTOLOGICE EXISTENTE PENTRU ALTE TEHNOLOGII AVANSATE

Cercetătorii și producătorii de dispozitive au făcut, de exemplu, eforturi pentru a crea ontologii generice pentru sistemele robotice și dispozitive mobile; totuși, nu există încă o ontologie larg acceptată care să se concentreze asupra caracteristicilor dispozitivelor neuroprotetice relevante pentru arhitectura întreprinderii. În parte, lipsa unor astfel de instrumente formale este un efect al nivelului relativ scăzut de interacțiune și colaborare între domeniile arhitecturii întreprinderii și ingineriei biomedicale - fenomen care nu este surprinzător, având în vedere lipsa istorică a zonelor de convergență (cum ar fi securitatea și ergonomia biometrică) în care presiunile organizatorice determină disciplinele să colaboreze.

Obiectele sunt percepute sau concepute. Proprietățile unui obiect (care pot fi comune unui set de obiecte) sunt abstractizate în caracteristici. Caracteristicile esențiale (specificațiile caracteristicilor) care, în mod obișnuit, nu se încadrează în diferite categorii (de exemplu, forma și culoarea) sunt combinate într-un set de caracteristici esențiale care se prezintă ca o unitate pentru a forma un concept numit intensitate, tensiune. Setul de obiecte abstracte într-un concept se numește extindere [17]. Caracteristicile delimitante fac deosebirea dintre un concept și altul. Conceptele sunt descrise în definiții și reprezentate prin denumiri. Setul de denumiri constituie terminologia. Conceptele sunt organizate în sisteme conceptuale. Un sistem conceptual este adesea numit o ontologie (care înseamnă literalmente știința ființei, dar în ultimul timp este adesea folosită într-un sens mai restrictiv, și anume cel al studierii categoriilor).

Figura 2 prezintă o ontologie pentru nanotehnologie. În partea dreaptă a diagramei sunt *obiecte* (produse) observabile - o axă a lucrurilor tangibile în ordinea crescândă a complexității: *materiale*, *dispozitive* și *sisteme*. În stânga diagramei sunt *proces*. De reținut relațiile dintre *metrologie* și *fabricare* (nanofabricare - numită și fabricarea precisă atomică FPA) și dispozitive. Un microscop cu forță atomică (MFA) este utilizat pentru a măsura caracteristicile nanometrice; fiecare instrument de măsură este în mod necesar un dispozitiv, iar împingerea nano-obiectelor se face cu un ac și este baza fabricării *bottom to bottom* - de jos în jos. Mai ales frunzele copacului ar putea fi asociate cu o anumită ambiguitate în ceea ce privește extensiile lor. De exemplu, dispozitivele pot fi caracterizate prin natura mediului lor de lucru: electroni, fotoni etc. Totuși, multe dispozitive implică mai mult de un mediu: de exemplu, dispozitivele *nanoelectromecanice* sunt cercetate ca modalitate de realizare a comutării electronice; controlul *optoelectronic* este metoda populară de a realiza comutarea fonică și fotochimia în reactoarele miniaturizate, care implică atât nanofotonice cât și nanofluidice.

Tabelul 1 descrie câteva din concepte, intensitățile și extinderile acestora. Terminologia nanotehnologiei este încă în dezbateră în cadrul organizațiilor naționale de standardizare, precum și al organismelor supranaționale cum sunt Comitetul European de Normalizare CEN și Organizația Internațională de Standardizare ISO [17].

12. Web SEMANTIC

În cadrul domeniilor în care se folosesc ontologiile, conceptul "web semantic" (figura 3) a fost conceput de Tim Berners-Lee cu gândul de a crea un astfel de web, încât nu numai documentele să fie legate între ele, ci și semnificația informațiilor din documentele web să poată fi recunoscută. Webul semantic este considerat o extensie a webului actual, în care, pe lângă înțelegerea umană, documentele sunt marcate cu meta-informație, astfel încât să poată fi procesate cu ajutorul mașinilor. Spre deosebire de actualul web, el nu este doar pentru afișarea conținutului, ci și pentru integrarea și reutilizarea informației disponibile în diverse aplicații. Pentru a realiza mediul web semantic, ontologiile servesc ca tehnologie centrală de bază [15].

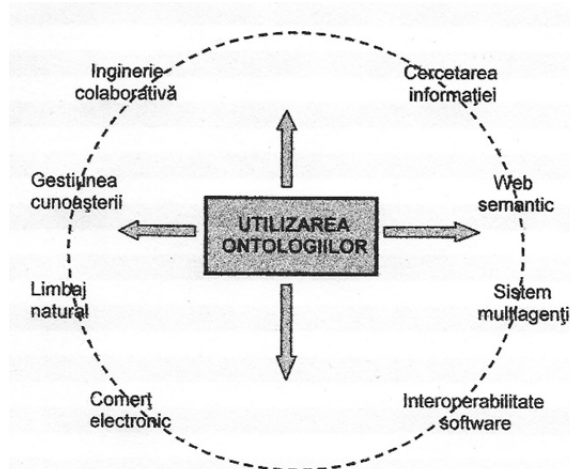


Figura 3. Domenii în care se utilizează ontologiile [9].

13. UN SISTEM DE SUSȚINERE A PROIECTĂRII CREATIVE ÎN DOMENIUL NANOMATERIALELOR

În industrie, funcțiile de bază, facilitarea proiectării creative, sistematizarea modurilor de realizare a funcțiilor într-un anumit domeniu, dezvoltarea unui sistem de suport al proiectării funcționale în domeniul materialelor și urmărirea funcțiilor necesare sunt realizate în paralel (figura 4).

În general, o funcție este realizată cu ajutorul mai multor subfuncții. De exemplu, funcția "emite lumină" a lămpii cu incandescență este obținută prin sub-funcțiile "aplicați un curent la filament", "filamentul se încălzește" și "emite lumină". Realizarea este susținută de un principiu fizic și/sau de o structură a dispozitivului sau a materialelor conceptualizate ca o modalitate de realizare a funcțiilor.

13. UN DOMENIU CU MULTE FORME

La începutul anilor 1960, dezvoltând instrumentarul tehnic care să permită manipularea atomilor unul câte unul și controlând interacțiunile materiei la scară nanometrică, nanotehnologiile au făcut posibilă intervenția umană într-o lume cu proprietăți multiple. Căci ele sunt, înainte de toate, un ansamblu de instrumente – și abia apoi o disciplină. Asemenea instrumente au permis, în 1989, cercetătorilor de la IBM să înscrie simbolul întreprinderii lor folosind 35 atomi de xenon.

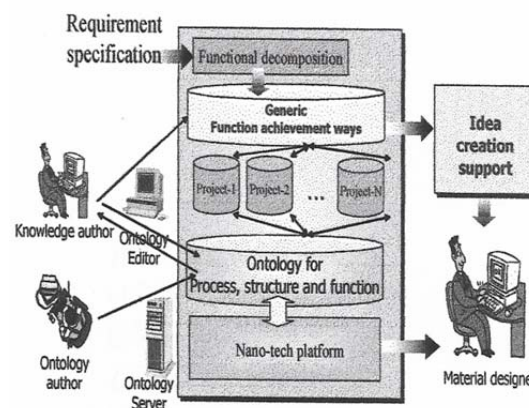


Figura 4. Sistem de suport a creației de idei pentru proiectarea materialelor [14].

Multe alte materiale (aur, argint, siliciu, fier, mangan, dioxid de titan, etc.) au proprietăți noi la scară nanometrică care pot fi exploatate în noi produse sau procedee industriale. În domeniul electronicii, se continuă miniaturizarea cipurilor și dezvoltarea tehnologiilor de gravură mai precisă a siliciului, iar în domeniul electronicii moleculare se vor realiza tranzistori pe baza unei singure molecule.

14. ÎN LOC DE CONCLUZII

Scopul principal al ontologiilor de nivel înalt este acela de a oferi o viziune largă asupra lumii, potrivită pentru multe domenii - țintă diferite. Scopul principal al ontologiilor de bază derivă din

definirea unui super domeniu. Aplicațiile ontologice sunt potrivite pentru utilizarea directă în motoarele de raționament sau în pachetele software - dar această listă nu este încă completă și va necesita mult mai multe experimente.

Bibliografie

1. **T. B. Passin**, "Explorer's guide to the Semantic Web", Manning Ed., 2008.
2. **E. Luczak**, "A Guide to the Semantic Web", Leading Edge Forum Technology Grant, 2004.
3. **G. Antoniou, F. van Harmelen**, "A Semantic Web Primer", The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1999.
4. **R. Sharman, R. Kishore, R. Ramesh**, "Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems," Springer, 2007.
5. **M. Gagnon**, Cours Ecole Polytechnique de Montréal, 2007.
6. **D. Genest**, Cours Université d'Augers, 2008.
7. **S. Garlatti**, Cours ENST, Paris, 2006.
8. **N. Cullot**, Tutoriel à Inforsid 2004.
9. **C. Roche**, Tutoriels à Inforsid 2002 et EGC2003.
10. **M. Uschold, M. Gruninger**, "Ontologies: Principles, Methods and Applications", Knowledge Engineering Review; Vol. 11 N°2, 1996.
11. **C. Roche**, „Terminologie et Ontologie”, Revue Langages, n°157, Ed. Larousse, 2005.
12. **N. F. Noy, D. L. McGuinness**, Développement d'une ontologie 101: Guide pour la création de votre première ontologie, Université de Stanford, Stanford, CA, 94305 Traduit de l'anglais par Anila Angjeli, BnF, Bureau de normalisation documentaire.
13. **C. Roche**, "Terminologie et Ontologie", Revue Langages, n°157, Ed. Larousse, 2005.
14. **K. Kozaki, et al.**, "Systematization of Nanotechnology Knowledge Through Ontology Engineering," http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/kozaki/iswc2003pos_kozaki.pdf.
15. **Abhishek Sharma**, "Nanotechnology Ontology: Semantic Access to Information in the Nano World," Journal of Library & Information Technology, Vol. 36, No. 1, January 2016, pp. 29-39.
16. **A. N. Broers**, Limits of thin-film microfabrication, Proc. R. Soc. Lond. A 416(1988) 1-42.
17. **J. J. Ramsden**, Nanotechnology - an introduction, second edition, Elsevier Inc., 2016.
18. **M. P. Silich, et al.**, „Applying the Ontological Approach to Design the Factor-Goal Analysis Information System,” Control and Communications (SIBCON), 2015 International Siberian Conference on, **Omsk, Russia, 21-23 May 2015.**
19. **European Commission C**, "Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies – NMP" 4536 of 09 July 2012.
20. **The Huffington Post**. World's first website, created by Tim Berners-Lee in 1991, is still up and running on 21st birthday, 2012. www.huffingtonpost.com/2012/08/06/worlds-first-website_n_1747476.html?ir=India (accesat la 6 septembrie 2017).
21. **Atlas of Nanotechnology**, <http://ccst.us/projects/subsites/toolkit/resources/documents/NanoAtlas.pdf> (accesat la 10.09.2017).

Recomandat pentru publicare: 13.03.2018.