

C O N S I D E R A Ț I I EPISTEMOLOGICE ASUPRA POSIBILITĂȚII REALIZĂRII UNUI NOU TIP DE PROCESOR SPECIFIC PROGRAMĂRII LOGICE

Ing. Ion Mincă

Institutul de Cercetări pentru Tehnica de Calcul

Rezumat: Bazându-se pe rezultatele obținute în cadrul unor cercetări deja elaborate - o paradigmă fenomenologică a domeniului hardware - se efectuează o analiză epistemologică asupra prelucrărilor de tip logic specific paradigmei "programarea logică" și asupra posibilităților de realizare a unei structuri de prelucrare hardware corespunzătoare.

Cuvinte cheie: hardware, paradigma, ontologie, prelucrări logice, prelucrări matematice, noi arhitecturi.

1. Introducere

Această temă reprezintă una dintre cele două teme fundamentale dezbătute în actuala etapă de dezvoltare a informaticii, în domeniul hardware:

- obținerea unui nou tip de calculator care să fie adecvat noilor tipuri de aplicații (inteligenta artificială, prelucrarea nenumerică etc.);
- obținerea unor structuri performante (creșterea performanțelor îndeosebi prin metoda paralelizării).

Ambele teme sunt generale și corespund celor două tipuri de factori fundamentali ce controlează domeniul hardware: factorii funcționali și factorii economici [8].

Răspunsul la întrebări de așa o anvergură presupune un cadru care să ofere o deschidere corespunzătoare care să furnizeze principii ferme: o paradigmă ce trebuie să ne furnizeze spațiul de joc unde ar trebui căutate tipurile de structuri, factorii și mecanismele care le controlează. Rezolvarea acestei probleme a necesitat cercetări [5,6] care privesc domenii străine informaticii, căci în ceea ce privește conceptele sale fundamentale o știință, oricât de bogată și de puternic structurată este, rămâne neputincioasă: sensul și sursa lor se află în afara domeniului său. Ea trebuie să-și integreze structurile proprii în structuri mai cuprinzătoare care vor evidenția apoi semnificația acelor. Bazându-ne pe rezultatele obținute în cadrul acestor cercetări și paradigma deja elaborată vom analiza în acest context tema enunțată mai sus, orientată asupra factorilor funcționali (a doua temă și, corespunzător acțiunea factorilor economici, a fost analizată în altă parte, [6]).

În [8] s-a definit calculul ca fiind prelucrarea cunoștințelor fără a face apel la experiență. Expunerea

a pus în evidență existența unor principii care fundamentează acest raport a priori la obiecte, principii care pot fi puse la baza prelucrării cunoștințelor pentru o fundamentare a informaticii. A nu face apel la experiență nu înseamnă a face abstracție de relația la obiectele experienței, de aspectele fundamentale ale obiectului - este vorba de o relație a priori. Cercetarea acestei relații este sarcina ontologiei și de aceea am putut spune că informatica, care tratează asupra obiectelor formale, enunță și prelucrează caracteristicile generale ale obiectelor, se poate privi ontologia formală ca fiind disciplina integratoare a sa. Expunând posibilitatea ontologiei am expus și principiile, posibilitatea și fundamentele informaticii.

În același timp s-a urmărit a se delimita mai precis specificul calculului. Formarea imaginii obiectelor posibile presupune figurarea orizontului de obiectivitate, forma total pură - timpul, spațiul de joc al invențiilor libere de raporturi. Această figurare se realizează prin transpoziția sensibilă - realizată ca schematism care nu este decât determinarea după reguli. Grație acestui schematism se poate construi obiectul în obiectivitatea pură, astfel că ceea ce este reprezentat în gândirea pură se dă sub forma intuiției în imaginea pură a timpului. O dată cu figurarea orizontului de obiectivitate, cu limitările inerente introduse de această figurare și de cele ale suportului fizic ne aflăm în fața unor moduri diferite de a trata cele două tipuri de cunoștințe și prelucrare corespunzătoare:

- prelucrare prin construire și anume îndeosebi mărimile (prelucrări matematice);
- prelucrarea analitico-discursivă după concepte (prelucrări logice).

Aceste două tipuri de prelucrări, în ciuda universalității cunoașterii și a producerii lor a priori comune ambelor, sunt totuși foarte diferite în mersul lor - ceea ce vor determina moduri diferite de figurare în orizontul de obiectivitate constituit de structura de calcul.

Orientări diferite asupra structurilor cât și asupra planului obiectului sau expresiei au determinat apariția mai multor paradigme în domeniul software:

- structuri matematice - paradigma "programare funcțională";
- structuri logice:
 - paradigma "programare pe obiecte" orientată asupra structurilor logice (bazată îndeosebi pe logica claselor);
 - paradigma "programare logică" avînd ca suport planul expresiei - judecată.

Pentru aceste noi tipuri de aplicații (și altele asemănătoare) se pune problema relației cu structurile hardware și determinarea unor noi tipuri de structuri de prelucrare. Vom analiza, așa cum este enunțat în titlul articolului, numai problemele ridicate de determinarea unei structuri de prelucrare specifice

aplicațiilor din categoria cunoscută sub denumirea de "programare logică".

Înainte de a răspunde la problema concretă a temei noastre va trebui să analizăm modul cum are loc figurarea celor două tipuri de prelucrare, matematice și logice, studiind diferențele specifice dintre cele două tipuri de cunoștințe din această perspectivă.

2. Diferența dintre structurile matematice și structurile logice

Logica formală tradițională s-a dezvoltat ca o logică a judecății, ea avînd drept temei forma judecății. Examenul reductor dovedește că orice judecată are o relație la un univers real, la o lume la care se referă. Această lume se construiește în experiența antepredicativă și constă în obiecte individuale care nu conțin în ele nimic din sintaxa judecăților. Faptul că judecățile se raportează la obiecte arată că în judecată aceste obiecte sunt gândite în calitate de substrat asupra căruia se enunță o judecată. Fiecare etapă a predicției presupune o etapă a experienței receptive și de explicație. Nu poate fi predicat decât ceea ce a fost originar dat în intuiția sensibilă. Experiența fondatoare are modurile ei de efectuare specifice care sunt exceptate de o punere în forma lingvistică și gramaticală. Astfel în conținutul său orice judecată originală se efectuează în coeziune grație coeziunii lucrurilor din unitatea sintetică a experienței ce stă la bază. Deci, examenul reductor ne învață că orice judecată are în final o relație la obiectele unui univers real, ne conduce la judecăți ce vizează indivizi - obiectul substrat ultim - la care în ultimă instanță orice adevăr se referă.

Psihologic și epistemologic un fapt individual (sau un obiect individualizat) este totdeauna relativ la un decupaj realizat de acțiunea unui subiect, deci relativ la structurile perceptive și intelectuale de ansamblu care le asimilează. Din acest punct de vedere nu există fapte izolate și elementele individuale nu sunt anterioare sistemelor care se constituie între ele. Din punct de vedere logic datele individuale ce servesc de conținut pentru formele cele mai simple nu constituie un element indecompozabil decât relativ la un sistem de operații ale unui subiect. Construind un alt sistem de operații, elementul individual al primului sistem poate deveni forma în sistemul secund. Pe tărâm logic este important de a ne plasa din punct de vedere al totalității operatorii.

Operațiile formale cu propoziții nu pot avea o semnificație decât sprijinindu-se pe operațiile concrete, cu indivizi, din care se elaborează. Un sistem de propoziții constituie un ansamblu operatoriu în care operația fundamentală este implicația, operație care presupune o clasificare prealabilă a conținutului lor. Propozițiile se implică una pe alta în maniera în care clasele logice ce corespund conținutului

intrapropozițional se includ una în alta. Propozițiile asupra cărora se aplică logica nu sunt altceva decât operații izomorfe operațiilor concrete (cu clase și relații) dar generalizate și exprimate prin intermediul unui ansamblu de semne [1,2]. Neglijînd acest adevăr apare iluzia că gîndirea verbală nu e decât discurs și reprezentare, că schema logică cea mai adecvată trebuie să fie, prin excelență, o teorie a propozițiilor, cînd de fapt semnificația unei propoziții este mai importantă decât forma sa verbală. Acest lucru pare evident, dar de multe ori se cedează tendinței de a obține o traducere algebrică fidelă propozițiilor verbale după formele adoptate de limbaj, ceea ce duce la un atomism logic. Dintr-o astfel de perspectivă s-a constituit "programarea logică". Aceasta ajunge să manipuleze semne în loc de semnificații. Limbajul îmbunătățește acțiunea și gîndirea în elemente artificiale, în timp ce analiza semnificațiilor pune în evidență raporturile neexplicite din frază care joacă un rol fundamental.

În continuare, după ce s-a arătat că ansamblul operatoriu în care se constituie propozițiile corespunde ansamblului operatoriu constituit de clasele logice, determinate de conținutul intrapropozițional vom urmări, în paralel, deosebirile dintre clasele logice și mulțimile matematice.

Reproducem după Piaget, [1], următoarele noțiuni:

Def. **Clase slab structurate** - clasele astfel că indivizii care aparțin la o clasă (să zicem B) să fie legați între ei prin proprietatea comună b , proprie acestei clase, fără să existe o operație dată care să permită a construi, plecînd de la această proprietate b o proprietate c , proprie unei clase C , în care clasa B este inclusă și asemănător nici o proprietate a propriei clase A inclusă în B .

Exemplu: clasele utilizate în sistematica zoologică. O ființă vie poate fi simultan uman, mamifer și vertebrat: ori, dacă uman implică mamifer și dacă mamifer implică vertebrat, reciproca nu este adevărată. Se poate defini calitatea mamifer fără a face apel la calitatea vertebrat și calitatea uman fără a face apel la calitatea mamifer: nu este nici o contradicție logică de a construi ideal o ființă care să fie uman fără glande mamare sau să posede astfel de glande fără să fie vertebrat. Se înțelege că nu se întîlnește empiric o astfel de ființă, dar atîta timp cît nu se pot deduce prin operații raporturile ce unesc aceste organe la vertebrat, astfel de corelații rămîn simple fapte constatate, iar nu deduse.

Def. **Clase structurate** - clasele la care plecînd de la proprietățile ce caracterizează o subclasă A se pot, prin intermediul unor operații date, compune proprietățile ce caracterizează alte subclase A', A'' , etc. astfel că proprietățile definesc o clasă totală B (sau reciproc să se compună proprietățile claselor A, A', A'' , etc. plecînd de la cele ale clasei B).

Exemplu: Dacă se compară ecuația generală a cercului cu ecuația generală a secțiunii conice:

$$Ax^2 + A'y^2 + Bxy + Cx + C'y + D = 0$$

(ecuație în care pentru cerc se ia $A = A', B = 0$) se vede imediat că cercul nu este o simplă secțiune conică (genus) plus un anumit număr de proprietăți adăugate la cele ale secțiunii conice și fără nici o relație directă cu aceste proprietăți generice. În timp ce raporturile ce definesc glandele mamare nu pot fi generate prin simple transformări de rapoarte ce caracterizează vertebrale, proprietățile cercului rezultă printr-o transformare aplicată elipsei, parabolei etc. și reprezintă tocmai transformări posibile ce conduc de la o subclasă la o alta conservând invarianții ce caracterizează clasa generală - secțiunile conice. Proprietățile subclasei sau speciei se referă astfel, la cele ale clasei generale sau gen, <secțiune conică>, acolo unde diferența specifică <glande mamare> se adaugă în mod simplu, fără compoziție constructivă, la calitate generică <vertebrat>.

Proprietățile unui triunghi euclidian sunt printre altele de a fi închis, cu trei laturi, cu trei unghiuri, suma unghiurilor de 180 de grade. Fiecare cuplu dintre aceste patru proprietăți implică pe celelalte două, adică există posibilitatea de a fi generate prin operații definite (plecând de la noțiunile de închidere, de dimensiune, măsura unghiurilor).

Clasa <numerelor pare> prezintă o diferență specifică (multiplicarea lui n prin 2) care se referă în mod necesar la calitățile genului <număr întreg> pentru că operația $n*2$ implică unitatea a cărei iterație, $+1$, definește șirul numerelor întregi.

În toate aceste exemple nu mai avem a face cu genuri, nici cu specii, ci cu clase caracterizate de o lege internă de compoziție ce generează elementele unele în funcție de altele.

În cazul claselor slab structurate constatăm că în afara clasei vide sau singulare, extensiunea nu este cunoscută decât relativ la cea a claselor incluse sau care se includ. Fie A - clasa oamenilor, B - clasa mamiferelor, C - clasa vertebratelor, nu cunoaștem între acestea decât relația de extensiune: $extB > extA$, $extB < extC$. Că există un singur mamifer non-uman (clasa A') sau un număr foarte mare, un singur vertebrat non-mamifer (clasa B') sau un număr foarte mare, toate aceste fapte nu intră în considerație la construcția acestor clase, știm numai că extensiunea claselor sunt într-un raport cantitativ: $extA < extB < extC$, dar nu știm nimic despre extensiunea claselor A și A' , B și B' . Știm pe de altă parte că $extA' < extB$, $extB' < extC$ deoarece A' este inclus în B , B' este inclus în C , dar nu știm nimic despre raportul dintre A și A' sau între B și B' . Numai clasele singulare și clasele vide au extensiunea determinată. Extensiunea claselor slab structurate nu cunoaște decât cantitățile: toți, câțiva, unul, nici unul. Există o lege a proporționalității inverse între extensiune și comprehensiune: pentru trei clase A, B, C de extensiune crescândă în care A este inclusă în B și B în C , comprehensiunea clasei A comportă între altele calitățile a, b și c , din contră comprehensiunea clasei B comportă calitățile b și c dar nu și a etc.

În ceea ce privește clasele structurate ele sunt susceptibile de a comporta raporturi cantitative într-o parte și altă parte disjuncte, același tot sau față de alt tot. Astfel este posibilă o comparație între clasa parțială A și clasa parțială A' (față de totul constituit de B). De exemplu noțiunea proprie teoriei multimilor, exprimată prin cuvintele "aproape tot", adică totul cu excepția unui număr finit, aplicată la clasa B reprezentând ansamblul total, mulțimea A aproape tot și mulțimea $A' = B - A$ implică raportul cantitativ $extA > extA'$. Deci, clasele structurate comportă o cuantificare diferită de cea specifică claselor slab structurate. Clasele structurate implică o comparație de extensiuni proprii unei subclase A cu o altă subclasă A' (disjunctă de A) ale unei clase totale B , acestea necesitând alte raporturi pentru a delimita clasele A, A', B și anume altele decât prin complementaritate între A și A' sub B ($A = B - A'$, $A' = B - A$), raport specific claselor slab structurate. Trebuie notat faptul că, în cazul acestor clase legea raportului invers dintre extensiune și comprehensiune nu mai este valabilă pentru clasele structurate. Astfel, la ecuația generală a secțiunii conice corespunde o clasă de extensiune mai mare decât cea a parabolei, deoarece parabola nu este decât o specie a genului (constituit de secțiunile conice), dar în același timp această ecuație generală este de o comprehensiune superioară celei a parabolei (deoarece o conține cu titlu de caz particular).

Logica se ocupă exclusiv de clasele slab structurate, clase care sunt bazate pe rapoarte ce se referă numai la inegalitatea dintre parte-tot fără a considera relațiile cantitative dintre o parte și alte părți (altă parte) disjuncte ce aparțin la același tot sau la un alt tot. Logica ignoră astfel orice structură în afara celei de incluziune. Matematica în schimb se ocupă de cantitățile oarecare între care există rapoarte care privesc relația părților între ele, părți disjuncte, ale unui același tot sau dintre o parte și o alta oarecare dintr-un alt tot, cât și de raportul parte-tot. Din acest motiv clasele structurate, studiate de matematică, au o formă mai bogată deoarece în afara raportului de incluziune ele comportă relații și între părțile înseși, iar în comprehensiune o caracterizare a proprietăților subelascilor în funcție de sistemul total. De exemplu, o mulțime de puteri sau un șir de intervale incluse ce converg spre un punct limită implică o lege de construcție în care părțile sunt solidare. La fel, pentru a număra o mulțime de indivizi trebuie în prealabil să-i fi reunit și distins, adică să-i clasăm și seriem. Cu cât o clasă este mai structurată cu atât mai multe relații care o definesc (proprietățile) sunt determinate unele în raport cu altele, ele sunt compozabile. Proprietățile elementelor și relațiile pe care le susțin sunt determinate de o lege de construcție care permite să se pună în relație un element cu altul fără a trece prin raportul parte/tot, specific structurilor logice.

Matematica, în loc de a considera ca logică numai

elementele clasei relativ la incluziune și la relațiile care îl califică și îl diferențiază, își rezervă întotdeauna dreptul de a vorbi de un element oarecare, adică independent de astfel de incluziuni. Devenind oarecare, adică pierzând calitățile sale individuale, elementul devine o simplă unitate printre altele. Din acest motiv clasele slab structurate pot fi numite concrete, în sensul că elementele sale posedă proprietăți. Pe baza acestor proprietăți sunt organizate clasele, subclasele etc., iar relațiile între elemente se fac indirect prin intermediul totului și al incluziunii claselor în acest tot. Mulțimile matematice, clasele structurate, se pot numi și abstracte; ele au următoarele proprietăți:

- (1) elementele lor sunt lipsite de proprietăți;
- (2) între elemente nu există alte relații decât:
 - (a) distincția ($x \neq y$)
 - (b) identitatea cu sine însuși ($x = x$);
- (3) între element și mulțime există doar relația de apartenență.

Exemplu. În mulțimi astfel ca mulțimea numerelor întregi, numerelor pare, numerelor raționale sau mulțimi numărabile ca cea a punctelor de pe o dreaptă proprietățile elementelor și relațiile pe care le susțin între ele sunt determinate de o lege de construcție (șirul numerelor, conținutul linear etc.) care permite a lega un element de altul fără a trece prin raportul parte/tot. Deoarece elementele sunt lipsite de proprietăți singurul mod de a le distinge este introducerea ordinii între ele. Este vorba de o ordine vidă de orice conținut calitativ, adică de o ordine introdusă din afară care nu se referă la vreo calitate a elementelor. În efect, ordinea de enumerare este formată de diferențierea ce subzistă între elemente unde se ignoră toate proprietățile și de care nu se știe nimic decât că sunt distincte.

Devine deci evident că o mulțime abstractă nu este o clasă logică. Matematica dezleagă unitățile conferindu-le o mobilitate operatorie completă, în timp ce logica le menține legate în totalități de clase și relații în afara cărora ele își pierd orice semnificație. Suprimarea tuturor calităților permite compunerea directă a oricărei unități cu oricare altă unitate. Raționamentul logic însă presupune întreaga totalitate în care sunt cuprinse individualitățile, căci tot ceea ce ele semnifică depinde de poziția sa în interiorul totalității, orice element individual este solidar și indisociabil unei forme perceptive sau intelectuale. Enunțarea sub forma de propoziție, p , a unui raport între termenul individual x_1 și predicatul a constă de fapt a pune în relație termenul individual x_1 cu alți termeni și aceasta nu pentru că propoziția p poate fi asociată cu q , r etc. ci pentru că termenii intrapropoziționali a și x_1 din care ea se compune nu pot avea semnificate logica decât cu o condiție: de a caracteriza a și x_1 în conexiune cu alți termeni (b , c etc. sau x_2 , x_3 etc.) împreună cu alți propoziții.

3. Considerații privind posibilitatea realizării unui procesor specific prelucrărilor logice și prelucrărilor matematice

La capătul acestor considerații asupra caracteristicilor esențiale ale prelucrărilor logice și matematice și ținând cont de caracteristicile structurilor de prelucrare [6] putem observa că există anumite disparități între structura prelucrărilor și structura funcțională, disparități care sunt mult mai accentuate în cazul prelucrărilor logice. Evidențierea acestei "distanțe logice" a făcut necesară studierea suportului fizic sub unghiul de vedere al prelucrărilor, căutarea unui numitor comun la care să fie reduse ambele aspecte. Utilizarea timpului ca formă universală furnizează într-adevăr o bază comună tuturor tipurilor de prelucrare, dar s-ar putea obiecta că ar exista posibilitatea construirii pe acest fundament a unor structuri deferite, deși principial identice. Răspunsul la această obiecție va fi dat în cele ce urmează.

S-au evidențiat următoarele caracteristici ale structurii funcționale [6, cap. II, Partea II], care ar putea fi rezumate astfel:

- finitudinea suportului fizic implică limitări severe asupra stocării, manipulării și prelucrării expresiilor, acestea neputând depăși dimensiunea cuvântului sau a multiplilor acestuia, finitudinea impunând de asemenea și un acces limitat (spațial și temporal) la suporturile expresiilor. De aici urmează în mod firesc faptul că transformările vor fi puternic influențate de dimensiunea expresiilor care pot fi reprezentate, expresiile și transformările ce necesită suporturi și posibilități de manipulare și prelucrare mult mai complexă decât ceea ce poate fi realizat fizic (hardware) vor face apel la mijloace logice (software);
- stările sunt supuse unui proces de virtualizare, eliminându-se orice calitate, acestea devenind omogene;
- transformările care pot fi realizate fizic au caracteristica esențială că nu țin cont de un context sau au un context foarte sărac putând fi definite strict în funcție de expresiile de intrare și expresiile de ieșire;
- coordonarea stărilor și transformărilor într-un ansamblu cu sens se face diferențiat după nivelurile structurii funcționale, dar în toate cazurile influența suportului fizic este hotărâtoare, sinteza fiind dependentă de raporturile spațiale ale suportului fizic, comunicarea (ce reflectă aspectele de contiguitate specifice suportului fizic) constituind un element fundamental.

La rândul lor structurile matematice și logice au, după cum au fost prezentate în paragraful anterior, următoarele caracteristici esențiale:

- structurile logice mențin elementele legate în

totalități de clase și relații care le clasifică și le diferențiază, tot ceea ce ele semnifică fiind dependent de poziția lor în cadrul acestei totalități, elementul fiind solidar și indisociabil de forma în care este integrat-prelucrarea logică presupune întreagă această totalitate în care sunt cuprinse elementele;

- structurile matematice dezleagă unitățile conferindu-le o mobilitate operatorie completă, suprimând toate calitățile, permițând compunerea directă a oricărei unități cu oricare altă unitate, proprietățile elementelor și relațiile pe care ele le susțin sunt determinate de o lege de construcție care permite să se pună în relație elementele oricare fără a trece prin raportul parte/tot specific structurilor logice.

Comparând acum caracteristicile structurii funcționale a sistemelor de prelucrare a cunostințelor cu cele ale structurilor logice și matematice apare evident că succesul aplicațiilor numerice vine de la apropierea caracteristicilor structurilor matematice de caracteristicile structurilor de prelucrare, determinate în principal de caracteristicile suportului fizic, și anume posibilitatea detașării elementelor de totalitățile din care fac parte putându-se realiza compunerea elementelor direct fără a ține cont de contextul, de structura care le înglobează. Aspectul omogen al unităților ce compun structurile matematice, lipsa lor de proprietăți fac ca elementele să fie ușor reprezentate, manipulate și prelucrate. Într-un cuvânt "distanța logică" mică dintre structurile funcționale și structurile matematice explică succesul aplicațiilor numerice. Astfel numărul a avut posibilitatea de a se adapta la reprezentarea și operațiile pe cuvânt: trecerea de la reprezentarea zecimală uzuală la reprezentarea binară (eficacitatea schimbării reprezentării apare evidentă prin comparație cu prelucrarea greoaie și slab productivă specifică reprezentării zecimale). În cazul structurilor logice "distanța logică" față de structura funcțională fiind mare, reprezentarea indivizilor și a totalității de care sunt indisolubil legați nu se poate face direct la nivelul structurii funcționale, ci necesită construirea unor scheme cu structuri de date complexe, capabile de a manipula totalitățile logice. În ciuda faptului că și structurile logice sunt reductibile, așa cum s-a arătat în [5,8], la forma totală pură - timpul (deci nu trebuie căutată o altă structură funcțională-ea fiind aceeași pentru ambele tipuri de prelucrări, totuși nu se poate pune problema realizării directe pe un suport fizic a acestor scheme căci, deși potențial pot fi realizate prin mijloace hardware, aspectele economice fac

imposibil acest lucru care este realizabil numai cu mijloace software.

Obs.1. Cele două tipuri de structuri de calcul von Neumann și data-flow nu sunt structuri de prelucrare numerică, cum greșit se înțelege de obicei, ci, datorită proprietăților extensive ale structurilor hardware, ele sunt mai apropiate de structurile matematice pe care le pot mai ușor modela. Aceste structuri de calcul reprezintă figurarea orizontului temporal total, forma universală a tuturor reprezentărilor deci și a celor logice care, datorită totalităților pe care le presupun, au nevoie de scheme-program mult mai complexe decât schemele hardware pentru a manipula aceste totalități. În ce măsură structurile cu logica de prag pot manipula totalitățile logice rămâne o problemă deschisă. Acestea și-au dovedit aplicabilitatea în special în domeniul clasificării (recunoașterea formelor) manipulând astfel de totalități.

Obs.2. Orientarea spre planul expresiei a produs structuri de prelucrare a acestora - mașinile LISP. Dar, cum această orientare este străină paradigmei și orientării de față, spre planul obiectului, astfel de structuri de prelucrare nu au intrat în atenția acestui studiu.

Bibliografie

1. PIAGET, J.: Essai de logique operateire, Dunod, Paris, 1972.
2. PIAGET, J.: Introduction a l'epistemologie genetica, 3 vol. PUF, Paris, 1972.
3. PIAGET, J.: Epistemologia genetica, Dacia, Cluj, 1973.
4. PIAGET, J.: Logique et connaissance scientifique, Encyclopedie de la Pleiade, NRF, Paris, 1967.
5. MINCĂ, I.: Studiul aspectelor fundamentale ale domeniului hardware și constituirea unei paradigme a acestuia. Raport de cercetare T 25.1.2./1991, ICI, București.
6. MINCĂ, I.: Cadru conceptual pentru domeniul hardware, Raport de cercetare T1.1.5/1992, ICI, București.
7. MINCĂ, I.: Către o paradigmă fenomenologică a domeniului hardware. În: Revista Română de Informatică și Automatică, vol.1, nr.2, 1991, pp.37-40.
8. MINCĂ, I.: O paradigmă fenomenologică a domeniului hardware. Aplicații. În: Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 3, nr. 1, 1993, pp.61-70.