

ALGORITMI ȘI STRUCTURI DE DATE

- Fundamente ale programarii structurate -

Conf. univ. dr. CEZAR BOTEZATU

ALGORITMI ȘI STRUCTURI DE DATE

- Fundamente ale programării structurate -

**Editura Universitară,
București**

Coperta: designer Daniel Țuțunel

Copyright: © 2007
Editura Universitară
Director Vasile Muscalu
Bd. N. Balcescu nr. 33, Ap. 38,
Sector 1, București

EDITURĂ RECUNOSCUTĂ DE CONSILIUL NAȚIONAL
AL CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE DIN ÎNVĂȚĂMÂNTUL
SUPERIOR (C.N.C.S.I.S.)

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
BOTEZATU, CEZAR

Algoritmi și structuri de date : fundamente ale
programării structurate / Cezar Botezatu. - București :
Editura Universitară, 2004
Bibliogr.
ISBN 973-8499-97-6

004.421

Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate Editurii Universitare

Distribuție: Tel./fax: (021) 315.32.47
comenzi@editurauniversitara.ro

ISBN 973-8499-97-6

PREFAȚĂ

“Calculatorul cu program” numit “Ordinator” sau “Computer”, este un instrument prin care omul poate manipula, stoca și prelucra într-un timp relativ scurt volume mari de date. Acest instrument preia, din ce în ce mai mult, activitățile de rutină ale operatorului uman și le execută cu performanțe deosebite de viteză și de corectitudine. În varianta sa electronică, calculatorul a cunoscut o puternică dezvoltare atât în ceea ce privește realizarea sa fizică (componenta hardware) cât și în ceea ce privește programele (componenta software) și performanțele programelor pe care le poate executa.

Pe scurt spus, un algoritm este o metodă riguroasă de rezolvare, într-un număr finit de pași, a unei probleme din activitatea umană.

Matematicianul A.A.Marcov definește un algoritm ca fiind: “O prescripție care determină un proces de calcul și care este perfect inteligibilă, nepermițând nici un fel de interpretări din partea celui care o duce la la îndeplinire”.

Un program este traducerea într-un limbaj specializat, inteligibil pentru un anumit operator (în cazul nostru procesorul computerului) a unui algoritm și este un set de instrucțiuni ce se execută într-o anumită ordine.

Activitatea umană se confruntă cu o gamă extrem de variată de probleme, de la cele mai simple cum ar fi aplicarea unor formule de calcul, până la probleme extrem de complexe întâlnite în formele de organizare a proceselor tehnologice, în formele de organizare a colectivităților umane etc. Din ce în ce mai multe din aceste probleme beneficiază de o gamă largă de algoritmi care să le rezolve. Acești algoritmi preiau în general gradul de complexitate al problemelor.

Un informatician, are în primul rând datoria de a-și forma deprinderile și de a însuși cunoștințele necesare să înțeleagă și eventual să elaboreze un algoritm pentru rezolvarea unei probleme din activitatea umană, fiind cu atât mai apreciat cu cât poate să abordeze și să rezolve eficient probleme cât mai complexe.

Prin prezentul manual, destinat în principal începătorilor în programare, se încearcă o inițiere în această activitate, constând în:

- prezentarea succintă a trecerii de la semne, la limbaje naturale și apoi la limbaje artificiale, dintre care limbajele de programare ocupă un loc important;

- prezentarea succintă a sistemelor informaționale și a sistemelor informatice, ca elemente importante ale sistemului de conducere;
- prezentarea succintă a unor concepte de organizare a datelor;
- prezentarea succintă a grafurilor, instrument matematic utilizat frecvent în informatică, sub diferite forme;
- prezentarea noțiunilor și caracteristicilor specifice algoritmilor, structurile fundamentale ale acestora, precum și problema evaluării corectitudinii algoritmilor;
- prezentarea formelor de exprimare a algoritmilor, punându-se accentul pe:
 - pseudocod;
 - scheme logice;
 - două limbaje de programare, și anume PASCAL și BASIC;
- prezentarea succintă a unor algoritmi speciali și a unor tehnici specifice de elaborare a algoritmilor (ce devin tehnici de programare).

Noțiunile prezentate succint vor fi dezvoltate și tratate ulterior, în procesul de formare a studentului ca specialist în informatică.

Manualul cuprinde în fiecare capitol multe exemple și exerciții rezolvate sau propuse spre rezolvare finalizându-se cu o colecție de probleme rezolvate și o colecție de probleme propuse spre rezolvare.

Obiectivele autorului au fost ca prin parcurgerea acestui manual studentul să-și formeze:

- o bază de noțiuni utilizate în informatică și în special în programare (elaborarea unui algoritm și exprimarea acestuia într-un limbaj de programare). Aceste noțiuni vor fi tratate detaliat în alte discipline ale procesului de formare ca informatician;
- deprinderi de elaborare, de descriere și de verificare a algoritmilor pentru o gamă mare de prelucrări, unele frecvent folosite în programare. Ca limbaj de programare pentru descrierea algoritmilor și executarea lor pe computer au fost alese limbajele de programare PASCAL și BASIC.

CUPRINS

PREFAȚĂ	.....	5
CUPRINS	.....	7
INTRODUCERE	.....	11
I. SISTEM INFORMAȚIONAL – SISTEM INFORMATIC	.....	17
I. 1. Sistemul informațional	.....	17
I. 2. Sistemul informatic - instrument al conducerii științifice a societăților comerciale	.....	18
I. 3. Stadiul actual și tendințele dezvoltării sistemelor informatice	.....	27
II. STRUCTURI DE DATE	.....	31
II. 1. Concepte de bază	.....	31
II. 2. Tipuri de structuri de date	.....	34
II. 3. Structuri de date interne	.....	39
II. 4. Articole. Fișiere de date.	.....	42
II. 5. Programare orientată spre obiecte	.....	43
II. 6. Date și expresii	.....	44
III. GRAFURI	.....	45
III. 1. Definiții, tipuri	.....	45
III. 2. Arbori	.....	47
IV. ALGORITMI DEFINIRE	.....	52
IV.1. Noțiunea de algoritmi	.....	53
IV.2. Proprietățile algoritmilor	.....	55
IV.3. Structura unui algoritm	.....	57
V. DESCRIEREA ALGORITMILOR	.....	60
V.1. Limbaje de prezentare a algoritmilor (pseudocod)	.....	60
V.2. Scheme logice	.....	67
V.3. Scheme logice structurate	.....	72
VI. STRUCTURI FUNDAMENTALE ALE ALGORITMILOR	.....	73
VI.1. Structura secvențială sau liniară	.....	73
VI.2. Structura alternativă sau selecția	.....	73
VI.3. Structura repetitivă sau iterația	.....	76

VI.4.	Teoreme ale programării structurate	.....	78
VI.5.	Probleme propuse	.....	80
VII.	EVALUAREA CORECTITUDINII ALGORITMILO R	.....	84
VII.1.	Testarea programelor	.....	84
VII.2.	Tehnici de testare a programelor	.....	86
VII.3.	Depanarea programelor	.....	89
VII.4.	Verificarea formalizată a programelor	.....	90
VII.5.	Cea mai slabă precondiție, cea mai tare postcondiție	.....	91
VII.6.	Utilizarea instrucțiunilor generalizate	.....	92
VII.7.	Sintaxa expresiilor, a condițiilor și formulelor logice	.....	92
VIII.	LIMBAJE DE PROGRAMARE	.....	93
VIII.1.	Generalități privind limbajele de programare	.....	93
VIII.2.	Elemente de bază ale limbajului de programare Pascal	.....	96
VIII.2.1.	Cuvinte cheie și rezervate	.....	99
VIII.2.2.	Tipuri de date în Pascal	.....	101
VIII.2.3.	Variabile și constante	.....	103
VIII.2.4.	Declarația constantelor	.....	108
VIII.2.5.	Declarația de tip	.....	108
VIII.2.6.	Declarația de variabile	.....	109
VIII.2.7.	Declarația de funcții și proceduri	.....	109
VIII.2.8.	Instrucțiuni pascal	.....	112
VIII.2.8.1.	Instrucțiuni simple	.....	113
VIII.2.8.2.	Instrucțiuni structurate	.....	116
VIII.2.8.3.	Instrucțiuni pentru realizarea structurilor repetitive	.....	119
VIII.2.8.4.	Instrucțiuni de citire și scriere a datelor	.....	126
VIII.2.8.5.	Instrucțiuni de selecție multiplă (CASE)	.....	130
VIII.2.9.	Structura de tablou	.....	133
VIII.2.10.	Tablouri multidimensionale	.....	139
VIII.3.	Elemente ale limbajului de programare BASIC	.....	140
VIII.3. 1.	Setul de caractere	.....	140
VIII.3. 2.	Identificatori	.....	141
VIII.3. 3.	Comentarii , separatori, împărțirea liniei	.....	141
VIII.3. 4.	Tipuri de date	.....	142
VIII.3. 5.	Operatori	.....	149
VIII.3. 6.	Funcții Basic	.....	153
VIII.3. 7.	Proceduri	.....	155
VIII.3. 8.	Instrucțiuni de atribuire	.....	157

VIII.3. 9.	Instrucțiuni de terminare sau oprire a programului	.....	159
VIII.3. 10.	Comenzi pentru structurile de control ale programelor	.....	160
VIII.3. 11.	<i>Comenzile pentru structurile repetitive</i>	.....	164
VIII.3. 12.	Fișiere	.....	168
IX. ALGORITMI SPECIALI		.....	173
IX.1.	Sortarea unui vector	.....	173
IX.2.	Interclasarea a doi vectori de dimensiuni variabile	.....	178
X. TEHNICI DE PROGRAMARE (programare modulară)		.....	182
X.1.	Programarea modulară. Tabele de decizie	.....	182
X.2.	Monitorizarea modulelor	.....	183
X.3.	Interconectarea modulelor	.....	184
X.4.	Tehnici de modularizare	.....	185
X.5.	Tabele de decizie (TD)	.....	186
X.6.	Asigurarea generalității și flexibilității programelor	.....	189
X.7.	Elemente de stil în programare	.....	191
X.8.	Lizibilitatea programelor	.....	191
XI. TEHNICI DE PROGRAMARE STRUCTURATĂ		.....	193
XI.1.	Recursivitatea	.....	193
XI.2.	Tehnica “Backtracking”	.....	195
XI.3.	Metoda “Divide et Impera”	.....	198
XI.4.	Metoda optimului local (Greedy);	.....	199
XII. PROBLEME		.....	201
XII.1.	Probleme rezolvate	.....	201
XII.2.	Probleme propuse	.....	250
XII.2.1	Probleme de logică	.....	250
XII.2.2.	Alte probleme	.....	258
BIBLIOGRAFIE		.....	265

INTRODUCERE

Semiotica se ocupă de studiul semnelor în natură și în societate. **Semnul nu este o calitate în sine a unui obiect, ci o funcție pe care acest obiect o poate dobândi.**

Funcția de semn a unui obiect este capacitatea sa de a reprezenta (de a ține loc de) ceva, pentru cineva, într-un anumit context natural sau social. Semnul este perceptibil, el admite un referent (ceva:obiectele, evenimentele sau acțiunile la care se referă el) și un interpretant (Peirce) sau sens (Frege), care este imaginea mentală sau semnul echivalent pe care primul semn îl creează în mintea interpretului său (cineva). De exemplu, semnul reprezentat de cuvântul românesc “cal” admite drept referent pe toți caii care au existat, există sau vor exista, iar interpretantul său este noțiunea de cal. Apare clar, deci, că, în timp ce semnul este perceptibil, iar interpretantul este doar inteligibil, referentul poate prezenta o situație mult mai variată: el poate fi concret sau abstract, individual sau colectiv, static sau dinamic.

Față de această structură ternară generală a unui proces de semnificare, structură ce se numește “triunghi semiotic”, există și situații particulare (posibilitatea absenței referentului sau interpretantului, posibilitatea coincidenței semnului cu referentul etc.). Deci acest triunghi este alcătuit din semnul ca atare, obiectul pe care el îl reprezintă și interpretantul semnului, adică reflectarea acestuia în mintea celui care îl interpretează.

Studiind combinatorica rezultantă, rezultă că din punct de vedere teoretic sunt posibile mii de clase de semne. Dar imensa varietate de semne poate fi raportată la o anumită tipologie conform căreia semnele se repartizează în trei categorii: semne iconice, semne indiciale și semne simbolice. Această clasificare se referă la tipul de legătură al semnului cu referentul.

Sunt de remarcat trei specii de semne iconice: imagini, grafuri și metafore.

Fotografia este o imagine, harta este și ea o imagine dar reprezentarea grafică poate să meargă până la formula algebrică.

Funcția indicială are în vedere o anumită contiguitate a semnului cu referentul(cum ar fi un raport de la cauză la efect sau de la parte la întreg). Atât semnele iconice cât și cele indiciale sunt semne motivate – legătura

dintre semn și referent fiind motivată printr-o proprietate comună (în particular printr-o analogie) în cazul funcției iconice, printr-un raport de contiguitate în cazul funcției indiciale.

Acestora li se opun semnele simbolice a căror legătură cu referentul este pur convențională (nemotivată). Exemplul cel mai important de semn simbolic este semnul verbal. Într-adevăr, nu există nici o rațiune internă ca obiectul denumit “masă” să aibă această denumire și nu alta; același obiect este numit în limba engleză “table”, deci cu totul altfel.

Știința este bogată în semne indiciale, inevitabile atât în procesele de generalizare cât și în cele de demonstrare, dar metoda modelării promovează cu deosebită putere, în cercetarea științifică, semnele iconice.

Funcțiile semiotice sunt graduale; se poate vorbi despre un grad de iconicitate, despre unul de indicialitate și despre unul de simbolizare ale aceluiași proces semiotic. Nu este mai puțin adevărat, că semnele simbolice reprezintă treapta cea mai înaltă de dezvoltare a proceselor de semnificare și expresia superioară a victoriilor pe care cultura le-a repurtat asupra naturii.

Se poate afirma totodată, că semnele simbolice prezintă caracterul cel mai pronunțat social; ele sunt generate exclusiv prin puterea unei convenții pe care o comunitate de indivizi istoricește constituită o poate instaura.

Limbajul uman, chiar dacă este bogat în fenomene de iconicitate și indexicalitate, se bazează mai ales pe semne simbolice. Avem în vedere atât limbile naturale, în cadrul cărora convenția care stă la bază este oarecum camuflată de lunga lor istorie, cât și de limbile artificiale, construite, care își formulează explicit convențiile prin care sunt introduse expresiile.

Un loc special îl ocupă aici codurile utilizate în telegrafie, sistemele de semne utilizate de diferite științe (formule algebrice, formule din chimia organică etc.) dar mai cu seamă limbajele de comunicare om – mașină de o deosebită importanță astăzi datorită dezvoltării calculatoarelor electronice.

Procesele de comunicare constituie, pentru semiotică, un obiect principal de studiu, dar numai atunci când ele sunt procese de semnificare. Pentru ca procesul de comunicare să aibă acest caracter, este necesar ca el să includă un proces de codificare; în caz contrar, avem de-a face cu un simplu proces de răspuns la un stimul – dar un stimul nu este un semn, deoarece nu stă în loc de ceva, ci provoacă pur și simplu acest ceva (o lumânare care mă obligă să închid ochii nu este neapărat un semn).

O altă triadă care a jucat un rol important în dezvoltarea semioticii este constituită de distincțiile dintre:

- sintaxă - studiul relațiilor dintre semnele unui sistem semiotic;
- semantică - studiul relațiilor dintre semne și obiectele pe care ele le desemnează;
- pragmatică - studiul relațiilor dintre semne și cei care le interpretează și le folosesc.

Statutul pragmaticii este încă foarte controversat mai ales în legătură cu limbajele de programare a calculatoarelor electronice și cu evoluția acestora.

Noțiunea de conexiune inversă, deși a fost introdusă în cadrul ciberneticii, este de natură semiotică. Posibilitatea destinatarului unui mesaj de a deveni sursa unui nou mesaj, al cărui destinatar include sursa primului mesaj, crează un proces semiotic recurent, calitativ diferit de un proces semiotic simplu.

Teoria generală a proceselor de comunicare este într-o strânsă întrepătrundere cu semiotica, deoarece într-un proces de comunicare mesajul este semn, emițătorul și destinatarul sunt alternativ, interpreți, iar în contextul la care se referă mesajul este referentul semnului.

Cele șase funcții ale procesului de comunicare codificată sunt:

- Emotivă;
- Conativă;
- Referențială;
- Fatică(de centrare asupra canalului);
- Metalingvistică (de centrare asupra codului);
- Poetică;

Ele sunt funcții semiotice, deoarece orice astfel de proces este un proces de semnificare, deci crează o situație semiotică.

Teoria informației, prin conceptele de **entropie** și **redundanță** atinge de asemenea problematica de bază a semioticii, deoarece semnul dă o anumită informație despre referent și despre interpretant fiind deci susceptibil de o anumită entropie și o anumită redundanță.

O mare parte din cercetările românești de semiotică stau sub semnul metodelor matematice și lingvistico-matematice, aplicate cu succes în semiotica muzicală, în semiotica arhitecturii, în semiotica limbajelor de

programare, în semiotica acțiunii umane, în semiotica narativă, în semiotica diagnosticului, în semiotica teatrului, a folclorului, a negocierilor și în alte semiotici specializate.

Putem spune că la început a fost, într-adevăr cuvântul. Numai că nu era vorba de începutul lumii, ci de începutul culturii. Vorbirea a creat opoziția dintre prezență și absență, cerând inventarea mijloacelor de transformare a idealului în real. Antropoidul a devenit subiect și lumea a devenit obiect datorită vorbirii. Transformarea trăirilor în idei este, în primul rând, opera vorbirii.

Vorbirea este singurul sistem de semne cu un semnificant dublu articulat – sintagmele în moneme și monemele în foneme- capabil să producă, prin energia lui metaforică, semnificații din ce în ce mai abstracte și mai generale.

Fiind creatoare de idei, de întrebări și răspunsuri, vorbirea este, de fapt, singurul mijloc în stare să asigure o adevărată comunicare: **dialogul**. În puterea vorbirii își are izvorul deosebirea fundamentală dintre semnalele prin care “comunică” animalele și simbolurile prin care comunică oamenii. Semnalele nu au istorie, ci o lentă evoluție care nu îngăduie decât adaptarea la mediu. **Simbolurile, în primul rând lingvistica, inaugurează istoria și permit prin capacitatea lor de a abstractiza și de a generaliza, atât cunoașterea cât și “domesticirea” mediului.**

Superioritatea calitativă a vorbelor față de semnale provine din generalitatea semnificațiilor pe care le produce. “Magia” cuvintelor ține de valoarea cognitivă și pragmatică a noțiunilor pe care le vehiculează. “Fiecare cuvânt era și rămâne o victorie contra absenței, contra lipsei, contra neputinței” a spus Gerard Mendel în cartea sa “La chasse structurale”. Probabil că acum zece mii de ani câinii lătrau ca și astăzi, în timp ce oamenii au evoluat și au ajuns să comunice între ei prin metalimbaje și tele-video-fon.

Superioritatea definitivă a omului față de orice animal se datorează **intelectului său, nu inteligenței sale**, reflecțiilor critice nu reflexelor adaptive. Fără vorbire nu este însă posibilă trecerea de la inteligență la intelect. **Numai vorbirea poate transforma informația senzorial-emoțională, care se propagă prin semnale, în cunoștințe și aprecieri care nu se pot comunica decât prin simboluri și semne.**

Vorbirea transformă informația naturală nu numai în cunoștințe ci și în evaluări.

Informația pe care o comunică vorbirea este nu numai intelectuală ci și valorificatoare, nu numai reflexivă, ci și apreciativă. Din globală cum este în natură, informația se diferențiază în denotația și conotația semnificațiilor verbale. Prin participarea nemijlocită la formarea și dezvoltarea noțiunilor, prin capacitatea ei de abstractizare și generalizare, vorbirea produce nu numai o cantitate mai mare de informație decât primește, ci crează o informație de o altă calitate: **ideea**.

La om, “inteligenta creatoare de informație întrece reflexul simplu de traducere a informației”. Transformând informația naturală într-una culturală, vorbirea nu comunică nici percepții, nici emoții ci denotația și conotația semnificațiilor verbale în care s-au cristalizat trăirile senzorial-afective.

Deși este convins că “nu poate gândi un concept fără a-l vorbi mental într-o limbă oarecare” R. Escarpit crede că receptorul vizual aduce minții mai multă informație decât cel auditiv. “Capacitatea canalului vizual este superioară aceleia a canalului auditiv, adică într-un timp dat se poate transmite o cantitate superioară de informație: cam de o sută de ori mai mare. Vizualul este mai credibil, finețea nuanțelor pe care le poate percepe fiind mai mare, pe drept cuvânt, se acordă totdeauna mai multă încredere martorului ocular.”

Vorbirea completează perceperea senzorială a unui lucru cu priceperea conceptuală a proprietăților lui esențiale. **A înțelege ceea ce vezi înseamnă a asculta cuvintele care îți spun despre ce este vorba.** Ceea ce se vede depinde în mult mai mare măsură decât se crede de ceea ce știe cel ce privește. Percepția vizuală nu este neapărat mai sigură decât conceptul produs de vorbire: există și iluzii optice, nu numai teoretice.

Oamenii știu ce văd nu numai privind ci și ascultând.

