



Agenți INTELI GENȚI

Ciprian Ileană

Ideea folosirii agenților nu este nouă. Ea a apărut pentru prima dată în lucrările lui Nicholas Negraponte (1970) și Alan Kai (1984). Alți cercetători cum ar fi Marvin Misky, Oliver Selfridge, Rodney Brooks, Pattie Mass au studiat problemele legate de agenți și au evidențiat diferite tipuri de comportament ale lor.

O posibilă definiție

Agenții inteligenți sunt programe adaptive și autonome, care sunt folosite în vederea creării de produse *software* care rezolvă anumite sarcini (*task-uri*) în numele unui anumit utilizator, bazându-se pe instrucțiuni explicite sau implicite din partea acestuia.

Agenții inteligenți pot îmbunătăți interacțiunea cu calculatorul prin:

- ascunderea complexității *task-urilor* dificile;
- realizarea de *task-uri* (acțiuni) laborioase;
- conducerea unor tranzacții în numele utilizatorului;
- pregătire și învățare;
- oferirea de ajutor unor anumiți utilizatori în vederea colaborării acestora;
- monitorizarea de evenimente și proceduri diverse.

Sarcinile pe care le poate realiza sau aplicațiile pe care le poate asista un agent sunt virtual nelimitate:

- filtrarea/selectarea informației;
- regăsirea informației;
- gestiunea corespondenței;
- planificarea întâlnirilor;
- selectarea cărților, spectacolelor, muzicii.

Tipuri de agenți inteligenți

Din punct de vedere al scopurilor pentru care au fost creați, deosebim două tipuri de agenți:

- Varietatea cea mai cunoscută de agent este cel construit cu scopul de a învăța și de a prelucra permanent sarcini de rutină sau repetitive ale utilizatorului. Acesta poate recunoaște, de exemplu, că utilizatorul ignoră în mod constant *e-mail-urile* care provin de la un anumit expeditor și le va șterge automat când acestea sosesc (utilizatorul nu află de primirea acestor scrisori electronice, ele nefiind reținute în *Inbox*).
- O categorie mai specială și mai interesantă de agent este tipul *fire-and-forget*; un utilizator poate instrui un agent

să găsească anumite informații, urmând să-l "trimită" în căutarea acestora. De exemplu, agentul inteligent astfel instruit poate fi "lansat" în rețea, iar el își poate croi drumul spre sistemul de computere al renumitei *Biblioteca a Congresului* (*Library of Congress in US*) cu scopul de a cerceta/întreba dacă și unde se poate afla informația de care utilizatorul are nevoie. Acesta este astfel eliberat de laborioasa sarcină de a căuta pe *Internet* informațiile care îl interesează, lucrul acesta fiind realizat, în schimb, de către agentul său, care după un timp (poate și câteva zile) îi va furniza rezultatul căutării. În acest timp, utilizatorul se poate concentra asupra unor probleme mai creative, îmbunătățindu-și astfel randamentul muncii. Sarcinile de rutină vor fi controlate și efectuate de către agent. Alte operațiuni pe care le poate efectua un agent inteligent tip *fire-and-forget* ar fi: programarea de întâlniri (*scheduling appointments*), realizarea de cumpărături pe piețele electronice (*e-commerce* sau *e-shopping* sau *virtual shopping*), sesizarea apariției anumitor oportunități (de care utilizatorul este interesat) și alertarea, eventual remedierea (automată) a problemelor de *software*.

Din punct de vedere al aptitudinilor de mobilitate ale unui agent avem de asemenea două categorii: *agenți statici* și *agenți mobili*.

Cei din prima categorie nu-și pot părăsi locul pentru a "traversa" rețeaua cu scopul de a ajunge la alte servere și nu pot să comunice cu agenți aflați în acele *site-uri*.

Agenții mobili, în schimb, pot efectua acest lucru, ei fiind caracterizați ca fiind obiecte ce posedă comportament, stare și locație. În vederea realizării sarcinii ce i s-a încredințat, un agent din această categorie poate părăsi *site-ul* pentru care a fost creat și poate naviga prin rețea, în fiecare moment el identificându-se printr-o anumită locație (*site-ul* pe care a ajuns), un anumit comportament (*task-ul* pe care îl realizează în acea situație/stare) și starea corespunzătoare.

Structura agenților inteligenți

Putem considera un agent inteligent ca fiind caracterizat de o arhitectură și un program.

Arhitectura realizează o interfață între percepțiile pe care agentul inteligent le obține din mediu și programul de care dispune agentul inteligent. Tot ea este cea care rulează programul, asigurând, în același timp, efectuarea diferitelor acțiuni alese, pe măsură ce acestea sunt generate. Arhitectura se poate realiza folosindu-se diferite tehnici din multitudinea celor existente, cum ar fi rețelele semantice, scenariile, cadrele etc.

Programul de care dispune agentul inteligent nu este altceva decât o funcție menită să realizeze corespondența dintre acțiunile întreprinse de către agentul inteligent și percepțiile pe care acesta le primește de la mediu. Foarte important este ca programul să fie compatibil din toate punctele de vedere cu arhitectura de care dispune agentul inteligent.

Dacă ținem cont de informația creată explicit și mai apoi folosită de către agent în cadrul procesului de decizie, avem de a face cu numeroase tipuri de agenți inteligenți. Programele agent se diferențiază între ele prin modalitatea de considerare a percepțiilor, acțiunilor, scopurilor și a mediului. De exemplu, avem mai jos câteva clase de agenți inteligenți:

- agenți reflex (agenți care se bazează pe reflexe simple);
- agenți care păstrează o imagine a lumii;
- agenți care se bazează pe scop;
- agenți care se bazează pe utilitate.

Agenți care se bazează pe reflexe simple

Un agent care se bazează pe reflexe simple (agent reflex) se caracterizează prin răspunderea imediată la o secvență de intrare.

Un astfel de agent inteligent realizează conexiuni între situația curentă (situația pe care el o percepe) și o anumită acțiune. Aceste conexiuni sunt memorate de către agent sub forma unor reguli de producere sau reguli condiție-acțiune.

Programul de care dispune un agent reflex este unul foarte simplu. Acesta caută întotdeauna o regulă a cărei parte de condiție să se potrivească situației curente (așa cum este ea definită de către percepție), după care efectuează acțiunea pe care o are asociată cu această regulă.

Agenți care păstrează o imagine a lumii

Considerând condițiile exterioare precum și starea sa internă, un agent uman alege o anumită acțiune. În anumite tipuri de situații, unui agent artificial îi este necesară menținerea unei anumite informații cu privire la starea internă pentru a putea distinge între diferite stări ale lumii care generează secvențe perceptuale identice, dar care sunt, totuși, în mod esențial diferite (adică necesită acțiuni diferite).

Pentru a se putea modifica starea internă este necesar ca programul de care dispune agentul inteligent să includă două tipuri de informații (cunoștințe):

- informații despre modul în care lumea (universul, domeniul de competență al agentul inteligent) evoluează în mod independent față de agent;
- informații cu privire la modul în care acțiunile agentului inteligent afectează lumea.

Agentul inteligent este capabil să interpreteze o secvență perceptuală nouă (o situație nouă) prin prisma cunoașterii de care dispune în ceea ce privește lumea (codificată în starea internă). Informația cu privire la modul în care evoluează lumea este folosită de către agent pentru a păstra o urmă a părții nevăzute a lumii. Este necesar ca agentul să știe modul în care acțiunile sale interferează cu starea lumii.

Unui agent reflex i se pot asocia stări interne. În cazul acestei categorii de agenți, starea curentă se va combina cu starea internă, rezultând o nouă stare. Aceasta este considerată ca fiind noua stare curentă.

Acțiunea agentului inteligent se bazează pe căutarea unei reguli a cărei condiție satisface situația curentă, așa cum este ea definită de către secvența perceptuală și starea internă. În momentul găsirii unei reguli care satisface cerințele, se efectuează acțiunea care este asociată cu această regulă.

Agenți care se bazează pe scop

Agenții care se bazează pe scop acționează în sensul îndeplinirii scopului pe care îl au.

Nu întotdeauna este suficientă cunoașterea stării curente pe care o are mediul pentru a se putea selecta o acțiune corectă. În unele cazuri, agentul inteligent are nevoie și de o anumită informație cu privire la scop, informație care să descrie situațiile care sunt de dorit. Programul de care dispune agentul inteligent poate combina această informație cu informația despre rezultatele acțiunilor sale pentru a putea mai apoi alege acțiunile care conduc la scopul propus.

Agenți care se bazează pe utilitate

Nu întotdeauna este suficientă cunoașterea scopului pentru a se putea genera cea mai bună strategie (sau comportare) posibilă a unui agent inteligent. Scopul determină o distincție între stările care sunt considerate favorabile și cele care sunt considerate nefavorabile. Dacă asociem fiecărei stări o măsură a performanței, vom putea compara diferite stări, din punct de vedere al satisfaciabilității sau utilității pe care acestea o prezintă din punctul de vedere al agentului inteligent.

Utilitatea nu este altceva decât o funcție U care este definită pe o mulțime S a stărilor cu valori în mulțimea numerelor reale: $U: S \rightarrow R$

Funcția de utilitate permite agentului inteligent să ia decizii raționale în cazul scopurilor conflictuale. În cazul în care pot exista mai multe scopuri, dintre care nici unul nu poate fi atins cu certitudine, funcția de utilitate este cea care furnizează o metodă prin care probabilitatea de succes și importanța scopurilor să poată fi comparate.





Ținând cont de cele spuse mai sus, putem admite că utilitatea unei stări măsoară gradul de satisfacție pe care o are agentul inteligent, dacă atinge starea respectivă. Prin urmare, un agent inteligent, care se bazează pe utilitate, tinde să-și maximizeze propria sa satisfacție (fericire).

Mediul de lucru al agenților inteligenți

Un agent inteligent efectuează acțiuni în cadrul unui mediu dat, iar acesta îi furnizează informații (prin intermediul percepțiilor).

Există mai multe tipuri distincte de medii. Fiecare dintre acestea necesită un anumit tip de program al agenților inteligenți care acționează în el. Mediile pot fi descrise printr-o serie de caracteristici, după cum se poate observa în ceea ce urmează.

Medii accesibile/medii inaccesibile

Un mediu este accesibil unui agent inteligent, dacă aparatul senzorial al respectivului agent îi permite acestuia accesul complet la stările mediului. Un mediu este efectiv accesibil în cazul în care senzorii agentului inteligent detectează toate aspectele relevante în alegerea unei acțiuni. Un agent care acționează într-un mediu accesibil nu are nevoie de o stare internă care să conserve informații despre stările anterioare.

Medii deterministe/medii nedeterministe

Un mediu este determinist (din punctul de vedere al unui agent inteligent), dacă starea următoare a mediului este determinată complet de către starea curentă în care se găsește mediul și de acțiunile selectate de către respectivul agent inteligent. În cazul situațiilor reale, cele mai multe sunt atât de complexe încât, deși ele sunt complet deterministe, pentru scopuri practice trebuie însă tratate ca fiind nedeterministe.

Mediu static/mediu dinamic

Un mediu este dinamic pentru agentul inteligent în cazul în care acesta se schimbă în timp ce agentul deliberază. În caz contrar spunem că respectivul mediu este static. În cadrul unui mediu dinamic, agentul inteligent trebuie să țină seama de schimbările intervenite în timp ce el alege o acțiune.

Mediu discret/mediu continuu

Un mediu este discret în cazul în care acesta este caracterizat de un număr finit de stări, acțiuni și percepții. În caz contrar spunem că mediul este continuu.

Mediu episodic/mediu neepisodic

În cadrul unui mediu episodic, experiența agentului este divizată în episoade. Un episod nu depinde de acțiunile ce au apărut în vreunul din episoadele anterioare.

Mediile care sunt inaccesibile, dinamice, continue și neepisodice reprezintă cazurile cele mai dificile pentru un

agent inteligent. Un *controller* pentru un sistem complex sau un instructor interactiv pentru învățarea unei limbi străine sunt agenți inteligenți care acționează în cadrul unui astfel de mediu.

Modul de lucru al agenților inteligenți

Agenții inteligenți operează în cadrul unui mediu *software* cum ar fi sistemele de operare, bazele de date sau rețelele de calculatoare.

Tehnologia aflată în spatele agenților inteligenți este o combinație de tehnici din domeniul inteligenței artificiale și de metodologii de dezvoltare a sistemelor, cum ar fi programarea orientată pe obiecte, care permite programelor atât să învețe cât și să reacționeze la mediul înconjurător. Agenții inteligenți interacționează cu mediul din care fac parte prin criterii de selecție a datelor bazate pe reguli. Un agent inteligent își dezvoltă regulile corespunzătoare prin intermediul instrucțiunilor explicite furnizate de utilizator, prin imitarea utilizatorului, prin feedback (răspuns) pozitiv sau negativ primit de la utilizator și prin indicații obținute în urma interacționării cu agenți inteligenți.

Modul de comunicare al agenților inteligenți

Tipul interfeței sistemului pe care o are un agent inteligent depinde de tipul resurselor sistemului cu care el comunică. Tipurile de agenți inteligenți disponibili în prezent pot comunica doar cu resursele sistemului din mediul *software* aflat în imediata sa vecinătate. Astfel, agenții *Microsoft Intellisense* pot opera doar în cadrul programelor *Microsoft*; agenții *Maxims* ai firmei *Apple* pot opera doar în cadrul sistemului de operare *System 7*. Cu toate acestea, *General Magic* dorește să schimbe acest lucru, astfel ca limitarea impusă de o anumită platformă să dispară. Se dorește stabilirea interfeței sistem *Telescript* ca standard pentru toate platformele de calculatoare și pentru toate protocoalele de comunicare. *Telescript* este un limbaj de programare, dezvoltat de *General Magic*, care permite agenților inteligenți să se miște liber în cadrul unei rețele, în vederea realizării unei anumite sarcini, și dă agenților inteligenți posibilitatea de a coincide tranzacții și de a învăța de la orice sistem de calculatoare sau de la orice alt agent pe care-l întâlnește. Adoptarea unanimă a standardului *Telescript* va permite crearea unui univers virtual global. Cu cât este mai larg universul, cu atât va crește abilitatea agenților inteligenți. *General Magic* este un consorțiu al *AT&T*, *Apple Computer*, *Motorola*, *Matsushita Electric Industrial*, *Sony* și *Philips Electronics*.

Sisteme multi-agent

Cercetările cu privire la rezolvarea problemelor utilizând agenți inteligenți au relevat existența multor probleme complexe, cum ar fi cele de decizie, planificare etc., care nu pot fi rezolvate de către agenți inteligenți izolați. În concluzie, pentru rezolvarea unor astfel de probleme s-a propus utilizarea *sistemelor multi-agent (SMA)*.

Paradigma *sistemelor multi-agent* este bazată pe comportarea socială inteligentă, care se realizează prin interacțiuni între membrii inteligenței ai societății, aceștia fiind numiți *agenți cognitivi*. Agenții inteligenți interacționează pentru a realiza scopuri sociale care depășesc cu mult posibilitățile de care dispune un singur agent inteligent. Interacțiunile care au loc între agenți sunt posibile datorită comunicării între ei.

În cadrul oricărui *SMA*, comunicarea este cea care joacă un rol esențial. Schimbul de mesaje pe care îl realizează agenții este realizat în deplină conformitate cu un anumit protocol prestabilit. Protocoalele de comunicare între agenți inteligenți sunt complicate, incluzând în același timp atât operații de nivel elementar cât și ecuații de ordin mai înalt. Trimiterea de mesaje, primirea sau confirmarea mesajelor sunt operații elementare. Operațiile de nivel înalt includ acțiuni de tipul influențare, convingere, detectarea relațiilor inter-agent.

Prin intermediul protocoalelor sofisticate de comunicare între agenții inteligenți, diferiți agenți heterogeni (reprezentând surse diferite de cunoaștere) interacționează cu scopul rezolvării unor probleme complexe care necesită experiența lor combinată.

Principalele arii de utilizare a agenților inteligenți

Cercetarea guvernamentală, administrarea rețelilor, sunt doar câteva exemple ale multiplelor și variatelor arii de utilizare a agenților inteligenți, *software* pentru consumatori (recent), cât despre rentabilitatea lor: *Ovum*, o societate londoneză de consultanță, aprecia creșterea pieței agenților inteligenți de la 800 de milioane de dolari în anul 2000 la peste 1.2 miliarde de dolari în anul 2001.

Guvernul și instituțiile sponsorizate de *Guvern* (este vorba despre *Guvernul Statelor Unite ale Americii*) se numără printre cei mai activi sponsori ai domeniului agenților inteligenți, mai ales în domenii de mesaje, automatizarea procesului de muncă și regăsirea informației. De exemplu, agenții inteligenți sunt utilizați în mecanismele de urmărire și control a sofisticatelor mecanisme de luptă care presupun lansări de bombe (proiectile) (*missile systems*) cum ar fi platformele *Patriot* și *Tomahawk*. De asemenea, un volum mare de muncă a fost necesar pentru ca platforma informațională să permită lucrul cu agenți inteligenți.

Administrarea rețelilor (*network management*) este una dintre ariile în care agenții inteligenți sunt cei mai dezvoltati. A fost nevoie de aceștia pentru a monitoriza și măsura în mod continuu activitatea rețelei, presupunând și raportarea problemelor software ce intervin pe parcursul desfășurării procesului. Printre cele mai avansate categorii de agenți inteligenți destinați administrării rețelilor se numără produsele *In-Touch* ale firmei *IBM* și *Cloud* ale firmei *AT&T*. Acești agenți, nu numai că pun complet, oriunde și oricând comunicația sub controlul cumpărătorului, dar realizează și *task-uri* de genul plăți, servicii client,

înregistrări și servicii director. Alte companii care oferă agenți pentru rețele sunt: *Synoptics*, *Alcatel*, *British Telecom* și *Nippon Telegraph & Telephone*.

Un exemplu de agent inteligent destinat aplicațiilor consumator este *PersonaLink* al firmei *AT&T*. El furnizează o platformă din care utilizatorii își pot lansa proprii agenți inteligenți într-un univers virtual administrat de *AT&T*. Acest univers include piețe în care agenții pot face tranzacții, magazine în care agenții pot selecta produse și servicii precum și biblioteci de unde agenții pot localiza și extrage informații. *PersonaLink* este prima aplicație care a utilizat standardul *Telescript*. Acest agent poate fi accesat printr-un agent digital personal, un dispozitiv de comunicare (ca un receptor) al firmei *Sony*. Recent s-au dezvoltat și interfețe prietenoase pentru introducerea comenzilor către agenți.

Câteva exemple de agenți inteligenți

Norns go to war este un proiect de colaborare între firma *CyberLife* și *DERA* (*Defense Evaluation and Research Agency* a *Guvernului Britanic*) destinat creării de agenți care să se comporte ca adversari în misiunile de pilotaj în simulatoarele de zbor. Departamentul militar dorește crearea unor piloți (virtuali) de elită, adică agenți/piloți *software* care să mențină în aer avioanele indiferent de atac și să poată urmări țintele perioade lungi de timp. De asemenea, *Ministerul Apărării al UK* (*United Kingdom - Regatul Unit al Marii Britanii*) împreună cu *CyberLife* au inițiat un contract pentru construirea unui aparat de zbor militar simulat controlat în întregime de un agent *software*. El va fi capabil, printre altele, să ia decizii raționale în funcție de context pentru a-și finaliza misiunea cu succes.

DICA (*Do-I-Care Agent?*), dezvoltat la *University of California at Irvine* tratează problema regăsirii resurselor pe *Web*. O dată ce s-a găsit un *site* interesant pe *Web*, cum se poate ști când a fost adăugat material nou și interesant pe acel *site*? Soluția *DICA* constă în verificarea/vizitarea periodică a *site-ului* și informarea utilizatorului numai în cazul când a fost adăugat ceva nou și interesant. Pentru aceasta, utilizatorul trebuie să furnizeze răspunsuri (*feedback*) lui *DICA* pentru "a-l învăța" ce înseamnă "interesant" din punctul de vedere al utilizatorului.

ReferralWeb creează automat rețele sociale reprezentând relații între prieteni, colegi și parteneri de afaceri, din informațiile publice disponibile pe *Web*. Două persoane sunt relaționate (există un *link* între ele) dacă sistemul a obținut informații că cele două persoane sunt dintr-un anumit punct de vedere relaționabile. Rețeaua poate fi astfel folosită pentru a ghida căutarea de informații, de experți. De exemplu, cineva dorește să utilizeze sistemul pentru a găsi specialiști în criptografie care este posibil, să se afle în apropiere, fără a-i fi cunoscuți. Sistemul va găsi experții și îi va prezenta solicitantului precizând în ce fel sunt relaționați, permițându-i acestuia să găsească informații de încredere de la experți de încredere, care sunt dispuși să ajute, deoarece sunt prieteni ai prietenilor acelei persoane.





Dintre numeroasele exemple întâlnite în literatura de specialitate mai amintim doi agenți care realizează sarcini de asistent personal în gestionarea poștei electronice și selectarea informațiilor electronice.

Maes (1994) a realizat un agent numit *Maximus*, care gestionează poșta electronică, învață să stabilească prioritățile, să șteargă și să retransmită mesaje, să sorteze și să arhiveze mesaje. În acest caz, agentul "privește peste umăr" atunci când utilizatorul utilizează poșta electronică. Agentul memorează perechile (situație, acțiune) generate când utilizatorul lucrează singur.

Agentul *NewT* realizează filtrarea știrilor sosite prin poșta electronică. Acest agent inteligent este implementat în C++ pe o platformă *Unix* și este un sistem care facilitează filtrarea știrilor furnizate de către *Unset Netnews*.

Concluzie

Câteva considerente în legătură cu agenții inteligenți:

- agenții inteligenți modifică stilul interacțiunii om-calculator;
- natura lor autonomă și automată a fost deja acceptată;
- securitate (agenții inteligenți sunt asemănători virușilor);
- probleme cu privire la responsabilitatea legală;
- vor înlocui agenții inteligenți oamenii?

Ca parte finală, putem afirma că, agenții inteligenți reprezintă o soluție inteligentă pentru necesitățile mereu crescânde ale unui număr tot mai mare de utilizatori, funcțională, flexibilă (relativ independentă și adaptabilă diferitelor platforme și sisteme de comunicare). Prin automatizarea sarcinilor de lucru supărătoare prin faptul că presupun un grad înalt de consum de timp sau presupun acțiuni repetitive din partea utilizatorului unui calculator, agenții in-

teligenți eliberează utilizatorii de treburile acestea, permițându-le în schimb realizarea de *task-uri* mai valoroase pentru aceștia. Agenții vor fi cei ce realizează *task-urile* obositoare și plictisitoare și o vor face și mult mai repede, mai ieftin și mai eficient (cu erori mai puține) decât partea umană.

Gama atribuțiilor ce pot fi încredințate agenților inteligenți este practic nelimitată și include filtrarea poștei electronice (filtre *software* pentru serviciul de *e-mail*), căutarea în baze de date și realizarea de cumpărături în magazine virtuale (electronic *marketplaces*).

Bibliografie

- [1] Dumitrescu D., *Algoritmi genetici + Strategii Evolutive + Programare Evolutivă = Calcul Evolutiv*, Casa de Editură Albastră, Cluj Napoca, 1999.
- [2] Maes P., *Agents that reduces work and information overload*, Comm. ACM, 1994.
- [3] Ioan Ileană, *Curs de Clasificarea și recunoașterea formelor*, Ministerul Educației și Cercetării Universitatea "1 Decembrie 1918", Alba Iulia, 2001
- [4] Simpson Patrick K., *Artificial Neural Systems, Foundations, Paradigms, Applications and Implementations*, Pergamon Press, 1990.
- [5] Dumitrescu D., *Principiile Inteligenței Artificiale*, Casa de Editură Albastră, Cluj Napoca, 1999.
- [6] University of Calgary, *Intelligence Systems Group*, <http://www.ucalgary.ca>

Ciprian Ileană este student în anul doi la Facultatea de Matematică și Informatică din cadrul Universității Babeș Bolyai din Cluj-Napoca. Poate fi contactat prin e-mail la adresa ciprian_il@yahoo.com.

Ofertă specială

Începând cu sfârșitul lunii ianuarie, veți putea intra în posesia celebrei cărți editate de MIT Press, *Introduction to Algorithms*, scrisă de Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson și Ronald R. Rivest, a cărei traducere în limba română a apărut în anul 2000 la editura Computer Libris Agora din Cluj-Napoca.

Până la data de 28 februarie 2002 veți putea achiziționa această carte, direct de la editură, la un preț promoțional de 495.000 lei. O puteți comanda prin e-mail, telefonic sau în scris. Cartea va fi disponibilă și în librării, dar fără reducerea oferită de Computer Libris Agora.

Această lucrare este recomandată tuturor celor care doresc să își îmbogățească cunoștințele de algoritmică, în special celor care se pregătesc pentru a participa la olimpiadele de informatică.

Cartea conține 882 de pagini, este structurată în 7 părți și 37 de capitole. Peste 260 de figuri și foarte mulți algoritmi prezentați în pseudocod formează un ansamblu bogat din care vă veți putea inspira oricând veți căuta să rezolvați probleme de algoritmică.



Computer Libris Agora
str. Universității nr.8/8 Cluj-Napoca
Tel. 064/192422
e-mail: clara@cs.ubbcluj.ro