



Inteligența ARTIFICIALĂ

Mihai Scorțaru

În cadrul acestui articol vom încerca să demonstrăm, dacă mai este nevoie, că inteligența artificială reprezintă un domeniu care merită studiat. De asemenea, vom încerca să aflăm cu ce anume se ocupă acest domeniu și modul în care el a apărut.

Domeniul de studiu al *inteligenței artificiale (IA)* îl reprezintă înțelegerea entităților inteligente. Datorită acestui fapt, unul dintre motivele pentru care se fac cercetări în acest domeniu este acela de a învăța mai multe despre noi înșine. Spre deosebire de filozofie și psihologie, care studiază de asemenea inteligența, IA se ocupă în principal cu crearea și înțelegerea entităților inteligente.

Inteligența artificială a dus la obținerea unor produse foarte interesante, încă din primele momente ale existenței sale. Cu toate că nimeni nu poate prezice exact viitorul IA, este evident că apariția unor calculatoare cu un nivel de inteligență comparabil cu cel uman ar avea un impact uriaș asupra societății noastre.

Inteligența artificială încearcă să găsească răspunsul la una dintre întrebările fundamentale ale omenirii: *Cum este posibil ca un creier mic și lent, biologic sau electronic, să poată înțelege, prezice și manipula o lume mult mai vastă și mai complicată?* O altă întrebare al cărei răspuns este greu de găsit a fi: *Cum putem crea ceva care să aibă aceste proprietăți?* Răspunsul la aceste întrebări se lasă de mult timp așteptat dar, spre deosebire de călătoria cu viteze superluminice sau obținerea antigravitației, există motive suficiente să credem că scopul inteligenței artificiale poate fi atins. Pentru a găsi o dovadă concludentă în acest sens trebuie doar să ne privim în oglindă.

Inteligența artificială este una dintre cele mai noi discipline. Oficial, anul apariției sale este 1956, an care reprezintă momentul în care a fost ales numele său. Împreună cu genetica modernă, IA reprezintă domeniul de care cei mai mulți oameni de știință ar dori să se ocupe.

Studiul inteligenței este însă una dintre cele mai vechi activități ale omenirii. De peste 2000 de ani filozofii încearcă să înțeleagă modul în care funcționează simțurile, capacitatea de a învăța, de a memora etc.

În momentul de față IA conține numeroase subdomenii de studiu, de la cele generale care se ocupă cu gândirea

logică până la unele particulare cum ar fi jocul de șah, demonstrarea unor teoreme matematice, scrierea de poezii sau diagnosticarea unor boli.

Ce este inteligența artificială?

Există numeroase definiții ale inteligenței artificiale. Formele acestora diferă în funcție de punctul de vedere din care este privit domeniul. Unele se axează pe procesele de gândire și pe raționamente, în timp ce altele se axează pe comportamente. De asemenea, unele folosesc pentru comparație inteligența umană, în timp ce altele se bazează pe un concept ideal de inteligență. Folosind aceste două criterii, obținem patru clase de definiții.

Definițiile din prima clasă se pot rezuma la *sisteme care gândesc ca oamenii*. Două dintre aceste definiții sunt:

- încercarea de a construi calculatoare care gândesc în întregul sens al cuvântului;
- automatizarea activităților pe care le asociem cu gândirea umană și anume luarea deciziilor, rezolvarea problemelor, învățarea etc.

Definițiile din a doua clasă se pot rezuma la *sisteme care gândesc rațional*. Două dintre aceste definiții sunt:

- studiul facultăților mintale folosind modele computaționale;
- studiul operațiilor computaționale care permit percepția, rațiunea și acțiunea.

Definițiile din a treia clasă se pot rezuma la *sisteme care acționează ca oamenii*. Două dintre aceste definiții sunt:

- arta creării mașinilor care efectuează operații pentru care este nevoie de inteligență atunci când sunt efectuate de oameni;
- construirea unor calculatoare care să efectueze operații pe care oamenii le realizează acum cu mai mult succes.

Definițiile din a patra clasă se pot rezuma la *sisteme care acționează rațional*. Două dintre aceste definiții sunt:

- un domeniu care încearcă să explice și să emuleze comportamentul inteligent în termeni de procese computaționale;
- ramura informaticii care se ocupă cu automatizarea comportamentului inteligent.

Toate cele patru abordări au fost urmate de-a lungul ultimelor decenii. Conform așteptărilor, există disensiuni între cei care folosesc abordări care se bazează pe inteligența umană și cei care folosesc abordări care se bazează pe rațiune.

Există numeroase alte definiții; câteva dintre ele sunt:

- o colecție de algoritmi accesibili (polinomiali) care să reprezinte aproximări ale unor probleme inaccesibile (pentru care nu există soluții polinomiale);
- construirea unui sistem fizic care să fie capabil să treacă testul *Turing*;
- ramura informaticii care studiază modul în care pot fi create mașini care acționează inteligent;
- un domeniu care folosește tehnici computaționale pentru a efectua sarcini care, aparent, necesită inteligență atunci când sunt realizate de oameni;
- o investigație foarte generală a naturii inteligenței și a principiilor și mecanismelor necesare pentru a o înțelege și a o duplica;
- programarea calculatoarelor astfel încât să efectueze operații care par a fi inteligente.

Comportamentul uman

Testul *Turing* a fost propus de *Alan Turing* în anul 1950 și a fost creat pentru a obține o definiție satisfăcătoare a inteligenței. Autorul a definit comportamentul inteligent ca fiind **abilitatea de a obține performanțe care se ridică la nivelul celor umane în toate domeniile cognitive, astfel încât un interogator să poată fi păcălit**. Cu alte cuvinte, un calculator ar deveni inteligent în momentul în care ar putea răspunde la anumite întrebări astfel încât un interogator să nu-și poată da seama dacă vorbește cu un om sau cu o mașină.

Pentru a putea trece un astfel de test, un calculator ar trebui să aibă următoarele caracteristici:

- *procesarea limbajului natural* pentru a permite comunicare într-o anumită limbă;
- *reprezentarea cunoașterii* pentru a putea păstra informații primite înaintea sau în timpul interogării;
- *raționare automată* pentru a folosi informațiile stocate pentru a răspunde la întrebări și pentru a trage noi concluzii;
- *învățare* pentru a se adapta la noi circumstanțe și pentru a detecta și extrapola anumite șabloane.

Testul *Turing* nu implică un contact vizual între interogator și persoana sau calculatorul pe care îl interoghează, deoarece simularea fizică a unei persoane nu este neapărat necesară pentru a obține inteligența. Totuși, interogatorul poate testa abilitățile perceptuale ale subiectului prin intermediul unui semnal video sau a unor obiecte pe care i le poate trimite prin intermediul unei trape. Datorită

acestui fapt, calculatorul ar trebui să aibă și următoarele caracteristici:

- percepție vizuală pentru a putea recunoaște obiectele;
- elemente de robotică pentru a le putea manipula.

În domeniul inteligenței artificiale nu s-au depus eforturi considerabile în încercarea de a trece testul *Turing*. Problema comportamentului uman va apărea doar în momentul în care programele de inteligență artificială vor trebui să interacționeze cu oamenii.

Gândirea umană

Pentru a putea spune că un calculator gândește ca un om, trebuie mai întâi să știm cum gândesc oamenii. Pentru aceasta va trebui să cercetăm cum funcționează mintea umană. Există două metode pentru a realiza acest lucru: *introspecția* (studierea propriilor gânduri pe măsură ce apar) și *experimentele psihologice*.

Doar în momentul în care vom avea o teorie suficient de precisă asupra minții, vom putea încerca să o exprimăm cu ajutorul unui program pentru calculator.

Gândirea rațională

Filozoful grec *Aristotel* a fost primul care a încercat să definească gândirea corectă (rațională). Faimoasele sale silogisme oferă șabloane cu ajutorul cărora se ajunge la concluzii corecte dacă ipotezele sunt corecte. Idei asemănătoare au apărut la sfârșitul secolului al XIX-lea, o dată cu apariția logicii formale. Această logică a oferit notații precise pentru propoziții referitoare la o mulțime de elemente ale lumii și la relațiile dintre ele. În 1965 existau deja programe care, dacă dispuneau de suficient timp și suficientă memorie, preluau o descriere a unei probleme folosind notații logice și determinau soluția acesteia, dacă aceasta exista. În cazul în care nu exista nici o soluție, programele nu se opreau niciodată din căutare. Adepții așa numitei *tradiții logiciste* a inteligenței artificiale speră să obțină sisteme inteligente folosind astfel de programe.

Există cel puțin două dificultăți majore în fața acestei abordări. Prima dintre ele constă în faptul că este foarte dificil să transpunem cunoștințele în termeni necesari notației logice, mai ales când cunoștințele nu sunt 100% corecte. În al doilea rând, există o mare diferență între a rezolva o problemă în principiu și a o rezolva în practică. Chiar și problemele care folosesc un număr relativ mic de fapte (de ordinul zecilor) vor epuiza foarte rapid resursele computaționale ale oricărui calculator dacă nu există o "ghidare" asupra pașilor care trebuie urmați în raționament.

Comportamentul rațional

A acționa rațional înseamnă a ajunge la un anumit scop, date fiind anumite convingeri. Un *agent rațional* este o entitate care percepe și acționează. Această abordare consideră IA ca fiind știința care se ocupă cu studiul și construirea agenților raționali. Abordarea anterioară se baza, în primul rând, pe deducții (inferențe) corecte. Realizarea unor deducții corecte este, uneori, una dintre caracteristi-



cile agenților inteligenți deoarece o modalitate de a acționa rațional constă în a raționa logic spre concluzia că o anumită acțiune va duce la atingerea scopului și va acționa potrivit acestei concluzii. Totuși, deducerile corecte nu reprezintă în întregime rațiunea deoarece există deseori situații în care nu există nici o acțiune corectă, dar totuși trebuie să se acționeze într-un anumit fel. De asemenea, există acțiuni raționale despre care nu se poate spune că implică deducții. Un exemplu ar fi retragerea mâinii în momentul în care atingem o suprafață încinsă. Acesta este un gest reflex care este mult mai eficient decât o acțiune mai lentă care ar implica o deliberare atentă asupra situației.

Toate capacitățile cognitive necesare pentru testul *Turing* sunt cerute pentru a putea acționa rațional. Studiul inteligenței artificiale folosind această abordare are două avantaje. În primul rând, comportamentul rațional este mai general decât gândirea rațională deoarece gândirea rațională este doar un mecanism (care uneori nu este nici necesar) folosit pentru a acționa rațional. În al doilea rând, este mai potrivită pentru dezvoltarea științifică decât abordările bazate pe comportamentul uman sau gândirea umană, deoarece standardul rațiunii este clar definit și complet general. Comportamentul uman este bine-adaptat pentru un mediu specific; el este, parțial, produsul unui complicat proces evoluționist care este departe de a ajunge la perfecțiune.

Bazele inteligenței artificiale

Cu toate că IA este un domeniu foarte nou, el a moștenit multe idei, puncte de vedere și tehnici caracteristice altor discipline. Datorită celor 2000 de ani în care a fost studiată filozofia, au apărut numeroase teorii referitoare la rațiune și învățare; de asemenea, a apărut punctul de vedere potrivit căruia mintea este efectul funcționării unui sistem fizic. Ultimii 1200 de ani de matematică au dus la apariția teoriei logicii formale, a teoriei probabilităților și a calculelor moderne. Din psihologie au fost preluate unelte pentru investigarea minții umane și un limbaj științific cu ajutorul căruia să poată fi exprimate teoriile obținute. Din lingvistică avem teoriile de structură și semnificație a limbajului. În sfârșit, informatica pune la dispoziție uneltele necesare pentru ca IA să devină realitate.

Filozofia

Se spune că întreaga tradiție filozofică europeană constă într-o serie de note de subsol care conțin referințe la operele lui *Platon*. Acesta s-a născut în anul 428 î.Hr., iar lucrările sale s-au concentrat pe diferite domenii cum ar fi filozofie, astronomie, fizică, matematică și politică. Împreună cu *Socrates*, profesorul său, *Aristotel*, elevul său, a pus bazele gândirii și culturii vestice. Se spune că începuturile inteligenței artificiale au fost în jurul anului 450 î.Hr. În unul dintre dialogurile sale, *Platon* spunea că, la un moment dat, *Socrates* i-a spus lui *Enthyphro*: "Vreau să știu care este caracteristica bunătății care face toate acțiunile să fie bune... în ce ar trebui să o transform ca să o folosesc ca

un standard pentru a judeca acțiunile tale și ale altora". Cu alte cuvinte se cerea un algoritm cu ajutorul căruia să se poată deosebi acțiunile corecte de cele incorecte. *Aristotel* a continuat cu formularea unor legi mai exacte care guvernează partea rațională a minții. El a construit un sistem de silogisme pentru raționamente corecte care, în principiu, permite obținerea unor concluzii corecte pe baza unor premise inițiale. *Aristotel* nu credea că toate componentele minții erau guvernate de procese logice; el a introdus și noțiunea de rațiune intuitivă.

Următorul pas a fost considerarea minții ca fiind un proces fizic. *René Descartes* (1596 - 1650) a fost cel care a pus în discuție distincția dintre minte și materie. Una dintre problemele cu care se confrunta conceptul potrivit căruia mintea este guvernată în întregime de legi fizice este aceea că, în acest fel, libera voință nu ar mai avea sens. Astfel oamenii ar avea la fel de multă voință ca și *Pământul* care "decide" să se învârtă în jurul *Soarelui*. *Descartes* a introdus conceptul **dualismului** potrivit căruia o parte a minții se află în afara naturii și nu se supune legilor fizice. El a afirmat că această parte poate fi considerată ca fiind **sufletul** sau **spiritul**. Tot el a afirmat că animalele nu posedă această calitate duală, motiv pentru care ele pot fi considerate ca fiind mașini.

O alternativă a dualismului a fost **materialismul** care susținea că întreaga lume, inclusiv creierul și mintea, funcționează pe baza unor legi fizice. Cel care a încercat pentru prima dată să construiască un dispozitiv mecanic care să aibă capacități mentale a fost *Wilhelm Leibniz* (1646 - 1716). Din nefericire el nu a obținut rezultate semnificative.

Se poate adopta și o poziție intermediară potrivit căreia se acceptă faptul că mintea are o bază fizică dar se neagă faptul că acestea pot fi explicate folosind reduceri la procese fizice obișnuite. Potrivit acestei concepții procesele mentale și conștiința fac parte din lumea fizică, dar sunt mai presus decât capacitatea de înțelegere a omului. Această poziție a fost adoptată de unii filozofi care se împotriveau dezvoltării inteligenței artificiale.

Eliminând unele obiecții, se poate spune că filozofia consideră mintea ca fiind un dispozitiv fizic care funcționează, în principal, cu ajutorul rațiunii și folosind cunoștințele acumulate. Următoarea problemă care apare este stabilirea sursei cunoașterii.

Mișcarea **empiristă** se caracterizează prin afirmația lui *John Locke* (1632 - 1701): "Nimic nu ajunge în sfera cunoașterii înainte să treacă prin simțuri". *David Hume* a propus actualul principiu al inducției potrivit căruia regulile generale pot fi deduse folosind diferite asociații între elementele lor. *Bertrand Russell* a dezvoltat această teorie și a creat **pozitivismul logic**. Această doctrină susține că toate cunoștințele pot fi caracterizate prin teorii logice înălțuite până se ajunge la **propoziții de observație** care corespund **intrărilor senzoriale** (organe de simț). **Teoria confirmării**, introdusă de *Rudolf Carnap* și *Carl Hempel*, a încercat să explice cum poate fi obținută cunoașterea pe baza experienței.

Ultimul element al imaginii filozofice a minții îl reprezintă legătura dintre cunoaștere și acțiune. Două dintre întrebările vitale din cadrul IA sunt *cum se realizează această legătură* și *cum pot fi justificate diferite acțiuni particulare*. Doar înțelegând justificarea acțiunilor am putea construi un agent ale cărui acțiuni să fie justificabile sau raționale.

Matematica

Chiar dacă filozofii au schițat cele mai importante idei ale inteligenței artificiale, pentru a crea o știință exactă este nevoie de claritate matematică în cel puțin trei domenii: computațional, logic și probabilistic. Ideea de a exprima un calcul computațional sub forma unui algoritm i-a venit, pentru prima dată, lui *al-Khowarazmi*, un matematician arab care a trăit în secolul al IX-lea. *George Boole* (1815 - 1864) a fost cel care a introdus logica matematică. Lucrările sale au fost completate de *Gottlob Frege* (1848 - 1925) și *Alfred Tarski* (1902 - 1983).

Un pas important îl constituie determinarea limitărilor la care ajung logica și calculul computațional. *David Hilbert* (1862 - 1943) a prezentat o listă de 23 de probleme despre care afirma că vor fi subiectul cercetărilor matematicienilor din secolul al XX-lea. Ultima dintre acestea cerea găsirea unui algoritm de determinare a valorii de adevăr a oricărei propoziții care implică numere naturale. *Kurt Gödel* a reușit să demonstreze că în orice limbaj, suficient de expresiv pentru a descrie proprietățile numerelor naturale, există propoziții adevărate a căror valoare de adevăr nu poate fi demonstrată prin nici un algoritm.

Acest rezultat arată că există anumite funcții (pe întregi) care nu pot fi reprezentate de un algoritm, deci nu pot fi calculate. *Alan Turing* (1912 - 1954) a încercat să găsească funcțiile care pot fi calculate. S-a ajuns la concluzia că mașina *Turing* poate calcula orice funcție calculabilă și s-au găsit unele funcții care nu pot fi calculate cu ajutorul acestei mașini.

O noțiune mult mai importantă este cea de *inaccesibilitate* a unei probleme. O problemă este considerată inaccesibilă dacă timpul necesar determinării soluției crește exponențial cu mărimea intrării. Deoarece problemele inaccesibile necesită un timp de execuție foarte mare, problema generării comportamentului inteligent trebuie împărțită în subprobleme accesibile. O altă noțiune importantă este cea de reducere; reducerea este o transformare a unei clase de probleme într-o altă clasă de probleme astfel încât soluțiile primei clase să poată fi găsite prin reducerea la anumite probleme din a doua clasă și rezolvarea acestora.

Modul de recunoaștere a unei probleme inaccesibile este dat de teoria *NP-completitudinii* introdusă de *Steven Cook* și *Richard Karp*. S-a reușit demonstrarea NP-completitudinii foarte multor probleme și dacă o problemă NP-completă se reduce la o altă problemă înseamnă că această a doua problemă este NP-completă. Totuși, problema rămâne deschisă deoarece nimeni nu a reușit să demonstreze inaccesibilitatea problemelor NP-complete.

O a treia contribuție a matematicii la dezvoltarea inteligenței artificiale o constituie teoria probabilităților. Italianul *Gerolamo Cardano* (1501 - 1576) a introdus pentru prima dată ideea de probabilitate descriind-o în termeni de prezicere a rezultatelor jocurilor de noroc. Teoria a fost îmbunătățită de mulți alți matematicieni cum ar fi *Pierre Fermat* (1601 - 1665), *Blaise Pascal* (1623 - 1662), *James Bernoulli* (1654 - 1705) și *Pierre Laplace* (1749 - 1827). *Bernoulli* a descris un punct de vedere alternativ asupra probabilităților care a dus la dezvoltarea probabilităților subiective care sunt actualizate pe măsură ce apar noi evenimente. Contribuții în acest domeniu a mai avut și *Thomas Bayes* (1702 - 1761).

Trebuie realizată o legătură între raționamentele probabilistice și acțiuni. Teoria decizională, introdusă de *John von Neumann* și *Oskar Morgenstern*, a fost prima teorie care a reușit să diferențieze acțiunile corecte (bune) de acțiunile incorecte.

Psihologia

Se spune că bazele psihologiei au fost puse de germanul *Herman von Helmholtz* (1821 - 1894) și de studentul său *Wilhelm Wundt* (1832 - 1920). Acesta din urmă a creat laboratoare în care era studiată psihologia folosind metoda introspecției. *Mișcarea comportamentală*, inițiată de *John Watson* (1878 - 1958) și *Edward Lee Thorndike* (1874 - 1949), se opune acestei metode subiectiviste și susține că singurele rezultate valabile pot fi obținute pe baza experimentelor.

Punctul de vedere potrivit căruia creierul posedă și procesează informații, care stă la baza *psihologiei cognitive*, a apărut în lucrările lui *William James* (1842 - 1910). Unul dintre adepții acestuia, *Kenneth Craig*, susținea că scopurile, convingerile și pașii raționamentelor pot fi o parte foarte folositoare pentru studiul comportamentului uman. *Craig* afirma că pentru ca un agent să fie bazat pe cunoaștere trebuie să fie parcurși trei pași. În primul rând, trebuie ca stimulii să fie "traduși" într-o reprezentare internă. În al doilea rând, reprezentarea trebuie să poată fi manipulată prin procese cognitive pentru a obține alte reprezentări interne. În al treilea rând, reprezentările obținute trebuie să fie "traduse" în acțiuni. Acest punct de vedere a dominat psihologia începând cu 1960.

Mult timp nu s-a făcut o distincție clară între IA și psihologia cognitivă. Programele de inteligență artificială erau descrise ca fiind rezultate psihologice fără a se face referiri la comportamentul uman pe care le modelau. În ultimii ani diferențele dintre cele două domenii s-au accentuat și acum o anumită lucrare poate fi clasificată ca fiind parte a unuia dintre ele.

Industria calculatoarelor

Pentru ca inteligența artificială să aibă succes, avem nevoie de două elemente: inteligență și un obiect cu ajutorul căreia să se exprime. Calculatorul a fost unanim acceptat ca fiind obiectul care are cele mai mari șanse să devină inteligent.





Calculatorul digital modern a apărut, aproape simultan, în trei dintre țările implicate în *Al Doilea Război Mondial*. Primul calculator operațional a fost denumit *Heath Robinson* și a fost creat în 1940 de către o echipă condusă de *Alan Turing*. Unicul scop al acestui calculator era descifrarea mesajelor germane. Succesorul său a fost denumit *Colossus* și a apărut în 1943. Până la sfârșitul războiului au fost create zece mașini de acest tip.

Primul calculator programabil a fost Z-3 și a fost inventat de germanul *Konrad Zuse* în 1941. *Zuse* a inventat reprezentarea în virgulă mobilă și, în 1945, a creat limbajul *Plankalkul*, primul limbaj de nivel înalt.

Primul calculator electronic apărut în SUA a fost *ABC*. El a fost creat între 1940 și 1942 de către *John Atanasoff* și studentul său *Clifford Berry*. Au mai apărut două proiecte secrete al căror scop era construirea unui calculator. La *Harvard* au fost create calculatoarele *Mark I*, *II* și *III* de către o echipă condusă de *Howard Aiken*. La Universitatea din *Pennsylvania* a fost creat *ENIAC*, primul calculator care putea fi folosit în scopuri generale. Succesorul său, *EDVAC*, se baza pe ideea lui *John von Neumann* de a folosi un program stocat în memorie.

Probabil că cel mai important pas înainte a fost calculatorul *IBM 701*, construit în 1952 de către *Nathaniel Rochester* și echipa sa. Acesta a fost primul calculator care a adus profituri fabricanților săi.

Fiecare nouă generație de calculatoare a adus îmbunătățiri în ceea ce privește viteza și capacitatea de stocare. Industria calculatoarelor a cunoscut o dezvoltare foarte rapidă, performanțele dublându-se la fiecare doi ani.

Au existat dispozitive pentru efectuarea calculelor cu mult înaintea apariției calculatoarelor. Abacul are o vârstă de peste 7000 de ani. La mijlocul secolului al XVII-lea *Blaise Pascal* a construit o mașină mecanică pentru efectuarea adunărilor și scăderilor. *Leibniz* a îmbunătățit mașina prin adăugarea posibilității efectuării înmulțirilor prin adunări repetate. Peste un secol, *Charles Babbage* a încercat să construiască o mașină care calcula tabelele logaritmice. El nu a reușit să termine proiectul, dar s-a ocupat de **motorul analitic** pentru care a introdus ideile de memorie adresabilă, programe stocate în memorie și salturi computaționale. *Ada Lovelace* a scris programe pentru motorul analitic și a susținut că mașina poate fi îmbunătățită pentru a juca șah sau a compune muzică. Ea este considerată a fi prima programatoare din lume. Proiectul lui *Babbage* s-a dovedit viabil în 1993 când a fost construit un model operațional care folosea tehnici mecanice disponibile în timpul lui *Babbage*.

Inteligența artificială folosește și partea *software* a informaticii. Aceasta a oferit sistemele de operare, limbajele de programare și uneltele necesare scrierii programelor moderne. Totuși, și IA a contribuit mult la dezvoltarea acestui domeniu prin introducerea ideii de partajare a timpului, interpretoare interactive, listă înlănțuită, management automat al resurselor. De asemenea, IA a contribuit la introducerea unor concepte cheie cum ar fi programarea

orientată obiect și dezvoltarea programelor folosind medii integrate cu interfață grafică.

Lingvistica

În anul 1957 *B.F. Skinner* a publicat cartea *Verbal Behaviour*. Această carte descria abordarea comportamentală a învățării limbajului și era scrisă de cel mai recunoscut expert în domeniu. Totuși, un comentariu asupra acestei lucrări a devenit la fel de celebru ca și cartea. În comentariu, *Noam Chomsky* a arătat că teoria comportamentală nu explică noțiunea de **creativitate** în limbaj. Mai exact, ea nu poate explica modul în care un copil reușește să înțeleagă și să formuleze propoziții pe care nu le-a mai auzit niciodată. Teoria lui *Chomsky* a reușit să explice acest fenomen și, spre deosebire de celelalte teorii, era suficient de științifică încât, în principiu, putea fi implementată în programe. Această teorie se baza și pe unele modele sintactice introduse de lingvistul indian *Panini* în jurul anului 350 î.Hr.

Dezvoltările ulterioare ale lingvisticii au demonstrat că problema este mult mai complexă decât părea ea în 1957. Limbajul este ambiguu și multe elemente sunt subînțelese. Pentru a înțelege limbajul trebuie mai întâi să fie înțeles subiectul și contextul discuției și nu doar structura propozițiilor.

Lingvistica modernă și IA s-au "născut" aproape simultan. Din aceste motive lingvistica nu are un rol foarte important în apariția inteligenței artificiale. Totuși, cele două domenii s-au "intersectat" deseori și au dus la apariția unui nou domeniu numit **lingvistică computațională** sau **procesarea limbajului natural**.

Istoria inteligenței artificiale

Vom prezenta acum etapele de dezvoltare ale inteligenței artificiale, prezentând pe scurt fiecare dintre faze.

Nașterea inteligenței artificiale

Prima lucrare care este acum considerată ca fiind un studiu de inteligență artificială a fost scrisă în 1943 de către *Warren McCulloch* și *Walter Pitts*. Ei s-au inspirat din trei surse: cunoașterea fiziologiei de bază și a funcțiilor neuronilor din creier, logica propozițională și teoria computațională a lui *Turing*. Cei doi au propus modelul neuronilor artificiali în care fiecare neuron se poate afla în două stări: activat sau neactivat. Activarea unui neuron are loc doar ca răspuns la o stimulare efectuată de un număr suficient de mare de neuroni învecinați. Starea unui neuron este echivalentă cu valoarea de adevăr a unei propoziții logice. Cei doi au demonstrat faptul că orice funcție calculabilă poate fi evaluată folosind o anumită rețea de neuroni. Tot ei au susținut că ar putea fi proiectată o rețea capabilă de învățare. În 1949, *Donald Hebb* a demonstrat că poate exista o regulă simplă de actualizare pentru modificarea puterii legăturilor între neuroni astfel încât procesul de învățare să poată avea loc.

La începutul anilor '50 au fost scrise primele programe de șah pentru calculatoarele care foloseau arhitectura *von*

Neumann. În 1951 a fost construit primul calculator neuronal numit *SNARC*. Acesta reușea să simuleze o rețea care conținea 40 de neuroni. După 1970 *Marvin Minsky* a demonstrat câteva teoreme care au dus la scăderea interesului pentru cercetarea rețelelor neuronale.

Locul oficial al nașterii inteligenței artificiale este *Dartmouth College*. Aici, în 1956, a avut loc un simpozion care a durat două luni și la care au fost invitați numeroși oameni de știință care se ocupau cu teoria automatelor, cu studiul rețelelor neuronale sau cu studiul inteligenței.

Primul program capabil să efectueze raționamente a fost *Logic Theorist*. Programul a reușit să demonstreze o mulțime de teoreme care apăreau într-o lucrare de referință numită *Principia Mathematica*. Pentru una dintre teoreme, programul a găsit o demonstrație mai scurtă decât cea care apărea în lucrarea amintită.

Chiar dacă acest simpozion de la *Dartmouth* nu a dus la apariția unor idei revoluționare, el a permis contactul între cei care se ocupau de acest domeniu. În următorii 20 de ani, participanții și studenții lor au fost figurile marcante ale inteligenței artificiale.

Entuziasmul inițial

Primii ani de existență a inteligenței artificiale au fost plini de succese. Datorită faptului că în această perioadă calculatoarele erau destul de primitive iar uneltele de dezvoltare lăsa mult de dorit, era uimitor pentru oricine atunci când vedea că un calculator realizează operații care necesită un anumit grad de inteligență. Anumiți oameni de știință au creat o listă care conținea operațiile pe care, după părerea lor, un calculator nu le va putea realiza niciodată. Cercetătorii din domeniul IA au demonstrat, pe rând, posibilitatea calculatoarelor de a efectua majoritatea acestor operații.

După apariția programului *Logic Theorist* a apărut *GPS* (*General Problem Solver*). Acest nou program a fost proiectat în așa fel încât să simuleze raționamentele umane efectuate pentru rezolvarea unei probleme. S-a observat că acest program rezolvă subproblemele care apăreau într-o ordine similară cu cea pe care o folosesc oamenii. Se poate spune că *GPS* a fost primul program care a folosit abordarea gândirii umane a inteligenței artificiale.

Printre primele programe de inteligență artificială s-au numărat și cele realizate la *IBM* de *Nathaniel Rochester* și colegii săi. În 1959 *Herbert Gelernter* a realizat programul *GTM* (*Geometry Theorem Prover*). Acesta era capabil să demonstreze teoreme folosind axiome reprezentate explicit.

Începând cu 1952 *Arthur Samuel* a scris o serie de programe pentru jocul de dame. Până la urmă a reușit să creeze un program care să poată concura cu adversari umani. S-a demonstrat faptul că ideea potrivit căreia programele fac doar ceea ce li se "spune" să facă este falsă. Programul creat de *Samuel* a ajuns în scurt timp să joace mai bine decât creatorul său. În februarie 1956 funcționarea programului a fost demonstrată într-o emisiune televizată și a creat o impresie excelentă.

John McCarthy a avut trei contribuții majore la dezvoltarea inteligenței artificiale, toate în anul 1958. El a inventat limbajul de programare *Lisp* care a devenit limbajul de programare cel mai folosit pentru crearea programelor de inteligență artificială. Tot el a avut o contribuție esențială în introducerea partajării timpului. În același an a publicat lucrarea *Programs with Common Sense* în care a descris un program ipotetic numit *Advice Taker* care poate fi considerat primul sistem IA complet. La fel ca și *Logic Theorist* și *Geometry Theorem Prover*, *Advice Taker* folosea cunoștințe pentru a găsi soluții la anumite probleme. Spre deosebire de predecesorii săi, noul program era realizat pentru a lucra cu date ale lumii exterioare și nu cu anumite concepte abstracte. S-a demonstrat că nu este nevoie decât de câteva axiome simple pentru ca programul să genereze un plan care să permită deplasarea la aeroport pentru a ajunge cu suficient timp înaintea plecării avionului. Programul a fost proiectat în așa fel încât să accepte noi axiome care să permită dobândirea de "competențe" în domenii noi fără a mai fi nevoie de o reprogramare. *Advice Taker* înglobează principiile generale de reprezentare a cunoștințelor și efectuare a raționamentelor.

Tot în 1958 *McCarthy* și *Marvin Minsky* au devenit colegi la *MIT*. Timp de câțiva ani cei doi au pus bazele inteligenței artificiale dar, la un moment dat, au apărut divergențe de opinii. *McCarthy* încerca să folosească logica pentru a crea reprezentări ale cunoașterii și raționamente, în timp ce *Minsky* dorea să creeze programe care funcționează și, până la urmă, a introdus un punct de vedere anti-logic. În 1963 *McCarthy* s-a mutat la *Stanford* unde a inițiat un laborator de IA. *J.A. Robinson* a continuat cercetările sale și a reușit să descopere un algoritm complet de demonstrare a teoremelor care implicau logica de ordinul întâi. Cercetările de la *Stanford* s-au concentrat pe metode generale pentru raționamentele logice.

Minsky a coordonat o echipă de studenți care au încercat să rezolve probleme simple care păreau că necesită inteligență pentru a fi rezolvate. Ele se ocupau de domenii limitate care au primit denumirea de *microlumi*. În 1968 a fost creat programul *Analogy* care reușea să rezolve probleme de analogie geometrică asemănătoare cu cele care apar în testele de inteligență.

Cea mai celebră microlume a fost cea care modela o lume formată din blocuri. Mai multe blocuri de diferite forme (conuri, cuburi, cilindri etc.) și dimensiuni erau așezate pe o suprafață orizontală și un robot trebuia să le aranjeze într-o anumită ordine.

S-a dezvoltat și domeniul rețelelor neuronale. *Winoograd* și *Cowan* au arătat în 1963 cum un număr mare de elemente pot fi folosite pentru a reprezenta un concept individual. Cu cât numărul de elemente era mai mare, cu atât creștea robustețea sistemului.

Metodele de învățare au fost dezvoltate de către *Bernie Widrow* și *Frank Rosenblatt*. Ultimul a demonstrat o teoremă celebră, cunoscută sub numele de **teorema convergenței perceptronilor**.



Revenirea la realitate

Încă de la început, cercetătorii în acest domeniu nu au ezitat să facă predicții referitoare la succesele care vor fi realizate. A devenit celebră o afirmație din 1957 a lui *Herbert Simons*: "*Scopul meu nu este să vă surprind sau să vă șochez - dar cea mai simplă metodă de a rezuma este aceea de a spune că acum există mașini care gândesc, învață și creează. Mai mult, abilitățile lor de a efectua aceste lucruri va crește rapid până când - într-un viitor previzibil - gama problemelor pe care le vor putea rezolva va fi comparabilă cu gama problemelor care pot fi rezolvate de mintea umană*".

Chiar dacă expresia "viitor previzibil" poate fi interpretată în orice fel, unele predicții ale lui *Simons* au fost mai exacte.

În 1958 el a afirmat că în zece ani un calculator va putea deveni campion de șah și că o nouă teoremă matematică importantă va fi demonstrată de către o mașină. Aceste previziuni s-au dovedit a fi mult prea optimiste.

Prima dificultate cu care s-au confruntat programele de inteligență artificială era faptul că nu aveau cunoștințe referitoare la obiectul cu care lucrau. Ele obțineau rezultate doar pe baza unor manipulări sintactice. Programul *Eliza*, creat în 1965 de către *Weizenbaum*, părea că poate purta o conversație despre orice subiect. În realitate, el doar împrumuta și manipula propozițiile scrise de interlocutorul uman. S-a încercat crearea de programe care să realizeze traduceri dintr-o limbă în alta. La început s-a dorit traducerea documentelor rusești apărute cu ocazia lansării satelitului *Sputnik* din 1957. Se credea că, pentru a păstra sensul propozițiilor, sunt suficiente simple transformări sintactice bazate pe gramatica limbii ruse și cea a limbii engleze și înlocuiri de cuvinte bazate pe un dicționar electronic. În realitate, traducerile necesită prezența unor cunoștințe referitoare la subiectul discutat pentru a rezolva ambiguitățile și a stabili conținutul propozițiilor. A rămas celebră traducerea propoziției "*the spirit is willing but the flash is weak*". S-a folosit un program pentru a o traduce în limba rusă și apoi pentru a retraduce expresia obținută în engleză. Rezultatul a stârnit multe zâmbete: "*the vodka is good but the meat is rotten*". În 1966 s-a ajuns la concluzia că nici un program nu a reușit traducerea unui text științific și nici nu sunt speranțe ca să apară un astfel de program în viitorul apropiat.

O a doua dificultate apărută a fost inaccesibilitatea multor probleme pe care IA încerca să le rezolve. Majoritatea primelor programe de inteligență artificială funcționau reprezentând fapte de bază referitoare la probleme și încercând efectuarea unor serii de pași pentru a obține rezultatul. Aceste prime programe furnizau rezultate deoarece microlumiile cu care lucrau conțineau foarte puține obiecte. Înainte de apariția teoriei NP-completitudinii se credea că obținerea rezultatelor pentru microlumi mai mari necesita doar mai multă memorie și o viteză crescută de procesare. Au apărut experimente în evoluția mașinilor (actualii algoritmi genetici) care erau bazate pe convin-

gerea (evident corectă) că printr-o serie corectă de mici mutații, aplicate codului sursă al unui program, se poate crea un program care să aibă performanțe satisfăcătoare pentru orice problemă simplă. A apărut și ideea folosirii mutațiilor aleatoare și aplicării unei selecții pentru a păstra mutațiile al căror comportament pare să se îmbunătățească. Nu s-au realizat progrese semnificative în acest domeniu.

O a treia dificultate s-a datorat limitărilor fundamentale a structurilor de bază folosite pentru a obține comportamentul inteligent. De exemplu, un perceptron cu două intrări nu putea să decidă dacă cele două intrări erau identice. Totuși, în 1969 au apărut *algoritmii de învățare cu propagare inversă* care vor fi folosiți pentru renașterea rețelelor neuronale de la sfârșitul anilor '80.

Sisteme bazate pe cunoaștere

Programele pentru rezolvarea problemelor care au apărut la început erau, de fapt, mecanisme cu scop general care încercau să îmbine pași elementari de raționare pentru a găsi soluții complete. Aceste abordări au fost numite metode slabe (*weak methods*) deoarece foloseau puține informații referitoare la subiect. Singura soluție o reprezenta considerarea unor cunoștințe mai potrivite pentru a realiza pași de raționare mai complicați.

Un exemplu al acestor abordări a fost programul *Dendral*. Acest program încerca să determine structuri moleculare pe baza informațiilor furnizate de un spectrometru; acesta a fost primul sistem de cunoaștere intensivă. Următorul pas important a fost făcut în domeniul diagnosticării medicale. A fost creat programul *Mycin* care încerca diagnosticarea infecțiilor de sânge. Folosind aproximativ 450 de reguli, programul a ajuns să aibă performanțe comparabile cu cele ale experților în domeniu.

În această perioadă a devenit evidentă importanța cunoștințelor referitoare la subiect în domeniul recunoașterii limbajului natural. Unii au sugerat că, pentru a crea un program robust pentru recunoașterea limbajului natural, este nevoie de o reprezentare a cunoștințelor referitoare la lume și de o modalitate de a folosi aceste cunoștințe.

În 1973 a fost creat sistemul *Lunar* care permitea geologilor să folosească limba engleză pentru a pune întrebări referitoare la mostrele de roci aduse de pe Lună de misiunile *Appolo*. Acesta a fost primul program de recunoaștere a limbajului natural care a putut fi folosit de o altă persoană în afară de creatorul său. Începând din acest moment, multe programe de acest tip au fost folosite ca interfețe pentru bazele de date.

Au apărut numeroase noi limbaje de programare care puteau fi folosite în domeniul inteligenței artificiale. În Europa s-a răspândit limbajul *Prolog*, în timp ce în SUA se utiliza familia de produse *Planner*.

IA devine o industrie

Primul sistem comercial expert de succes a fost produs la *Digital Equipment Corporation* în 1982. Programul ajuta

la alegerea componentelor *hardware* ale sistemelor comandate de clienți și a permis companiei să economisească 40.000.000\$ pe an. În 1988 DEC folosea 40 de sisteme expert. Aproape fiecare companie americană avea un grup de angajați care se ocupau cu inteligența artificială și foloseau sau cercetau sisteme expert.

În 1981 japonezii au anunțat proiectul *A cincia generație*. Era un proiect pe 10 ani prin care se încerca construirea unor calculatoare inteligente care să folosească limbajul *Prolog* în același fel în care calculatoarele obișnuite foloseau limbajul mașină. Printre alte scopuri ambițioase ale acestui proiect se număra și cel de a obține înțelegerea completă a limbajului natural.

Acest proiect a impulsat interesul în inteligența artificială. Cercetătorii au profitat de teama autorităților (care nu doreau ca japonezii să domine domeniul IA) și au primit fonduri pentru proiecte similare. În Statele Unite, compania *MCC (Microelectronics and Computer Technology Corporation)* a fost formată pentru a deveni un consorțiu care să contracareze proiectul japonez. În Marea Britanie cercetările în domeniul IA au fost din nou finanțate. În ambele țări, inteligența artificială făcea partea dintr-un larg efort de cercetare care includea proiectarea *chip*-urilor și interfețelor umane.

Au apărut numeroase alte companii care se ocupau de inteligența artificială. Unele ofereau unelte *software* necesare pentru a construi sisteme expert; câteva exemple sunt *Carnegie Group*, *Inference*, *Intellicorp* și *Teknowledge*. Altele ofereau stații de lucru care erau optimizate pentru dezvoltarea programelor scrise în Lisp; câteva dintre ele erau *Lisp Machines Inc.*, *Texas Instruments*, *Symbolics*, *Xerox* etc.

Întoarcerea rețelelor neuronale

Chiar dacă informatica a ignorat o lungă perioadă de timp rețelele neuronale, cercetările asupra acestora au continuat în alte domenii, în special în fizică. Mulțimile mari de neuroni individuali puteau fi privite într-o manieră similară mulțimilor de atomi din solide. În 1982, fizicianul *Hopfield* a folosit tehnici de statistică mecanică pentru a studia proprietățile de stocare și optimizare ale rețelelor. Unii psihologi au continuat studiul memoriei ca rețea de neuroni.

Revitalizarea rețelelor neuronale a avut loc la mijlocul anilor '80 când patru grupuri diferite de cercetători au redescoperit algoritmul de învățare cu propagare inversă, algoritm prezentat pentru prima dată în 1969. Algoritmul a fost aplicat pentru multe probleme de învățare din domeniul informaticii sau psihologiei, ceea ce a dus la o creștere semnificativă a entuziasmului cercetătorilor IA.

În aceeași perioadă de timp au apărut primele deziluzii în ceea ce privește sistemele expert. A devenit clar faptul că prin cumpărarea unui sistem rațional și indicarea unor reguli nu se obține un sistem expert de succes. Mulți au crezut că va apărea o nouă perioadă de stagnare în cercetările asupra inteligenței artificiale. A urmat o perioadă în

care rețelele neuronale și IA au fost privite ca domenii rivale și nu ca abordări diferite ale aceluiași subiect.

Evenimente recente

În ultimii ani au avut loc schimbări atât în conținutul cât și în metodologia de cercetare a inteligenței artificiale. Tendința actuală este de a folosi vechile teorii și nu de a introduce altele noi. De asemenea, anumite fapte sunt susținute doar pe baza unor demonstrații teoretice sau a unor experimente riguroase și nu pe baza intuiției. În același timp, se încearcă crearea de programe care să fie relevante pentru lumea reală și nu pentru "lumi de jucărie".

Aceste șabloane au fost ilustrate în cadrul recunoașterii vocale. În anii '70 au fost încercate o mare varietate de arhitecturi și abordări, majoritatea fiind mult prea fragile pentru a funcționa pe mai mult de câteva exemple selecționate. Modelele ascunse *Markov* au revoluționat acest domeniu; ele erau bazate pe rezultate matematice riguroase și permiteau crearea de programe care să învețe prin antrenamente în cadrul cărora se folosea vorbirea curentă a oamenilor. Tehnologia recunoașterii vocale, împreună cu domeniul înrudit al recunoașterii scrisului, sunt suficient de avansate în acest moment pentru a putea fi integrate, în scurt timp, în produsele industriale și de larg consum.

În 1988 *Judea Pearl* a scris cartea *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems* care a dus la acceptarea teoriei probabilităților și a teoriei decizionale în inteligența artificială. Au fost construite modele despre care se putea spune că acționează rațional (potrivit legilor teoriei decizionale) și nu încearcă să imite experiența umană.

Alte "revoluții" similare au apărut în robotică, învățarea mașinilor, viziunea asupra calculatoarelor și reprezentarea cunoștințelor. O mai bună înțelegere a problemelor și a proprietăților lor de complexitate a dus la obținerea unor metode de cercetare mai robuste.

Rezultate spectaculoase

În 1989 marele maestru internațional *Arnold Denker* avea în fața sa o tablă de șah și studia piesele. Și-a dat seama că nu mai are nici o șansă și a abandonat. Oponentul său, *Hitech*, a devenit primul program de șah care a reușit să învingă un mare maestru de șah.

În 1994 un călător vorbește la un microfon: "Vreau să merg de la Boston la San Francisco!" Răspunsul vine imediat: "În ce dată doriți să călătoriți?". Călătorul spune că dorește să plece pe data de 20 octombrie cu o cursă fără escală, să plătească un preț minim și să se întoarcă duminică. Tranzacția este efectuată de *Pegasus*, un program de recunoaștere vocală, și călătorul obține o rezervare pentru zborul dorit. Procedând astfel, el a economisit 894\$ față de prețul pe care ar fi trebuit să îl plătească în mod normal. Chiar dacă *Pegasus* nu recunoștea corect decât nouă cuvinte din zece, el putea să corecteze erorile deoarece înțelegea modul în care are loc dialogul.

În 1992, unui analist din sala de operații de la *JPL (Jet Propulsion Laboratory)* i-a fost atrasă atenția de către un





mesaj care clipea pe ecran și semnală o anomalie la naveta spațială *Voyager* care se afla în vecinătatea planetei *Nep-tun*. Din fericire, el reușește să rezolve pe loc problema. Totuși, dacă nu exista sistemul expert *Marvel* care monitoriza transmisiunile efectuate de naveta spațială, această anomalie ar fi trecut neobservată.

În 1993, un șofer călătorește cu 90 km/h pe autostradă și pare foarte relaxat. Pe parcursul ultimilor peste 150 km el nu a mai atins volanul, frâna sau accelerația. Adevăratul șofer este un sistem robotizat care folosește camere video, sonare și lasere pentru a primi informații referitoare la exterior. El combină aceste informații și folosește experiența acumulată în timpul orelor de antrenament pentru a conduce vehiculul.

În 1991 un doctor expert se confruntă cu un caz foarte dificil. Pentru a verifica performanțele unui program de IA el îi prezintă acestuia cazul. În momentul în care calculatorul furnizează diagnosticul medicul surâde cu superioritate. Creatorii sistemului, doar puțin îngrijorați, cer calculatorului să explice modul în care a ajuns la diagnosticul respectiv. Mașina punctează principalii factori care i-au influențat decizia și explică interacțiunile subtile ale unor simptome prezente. Până la urmă expertul și-a recunoscut greșeala.

În 1994, pe un stâlp de iluminat public se afla o cameră de luat vederi folosită pentru a supraveghea traficul dintr-o intersecție pariziană. Dacă un om ar fi citit informațiile de pe un ecran, ar fi văzut propoziții de tipul: "*Citroën 2CV intră pe Champs Elysée din Place de la Concorde*" sau "*Camion cu marca necunoscută staționează în Place de la Concorde*" și așa mai departe. Ocazional, puteau fi citite și mesaje de genul: "*Incident major în Place de la Concorde, coliziune între un motociclist și o camionetă care se deplasa cu viteză*". Simultan cu afișarea unui astfel de mesaj, avea loc și un apel telefonic la serviciile de urgență.

Acestea sunt doar câteva dintre exemplele de sisteme de inteligență artificială care există astăzi. Nu este nici magie, nici SF, ci știință, inginerie și matematică.

La final

În cadrul acestui articol am încercat să prezentăm domeniul de activitate al inteligenței artificiale, precum și modul

în care aceasta a apărut. În încheiere vă prezentăm câteva posibile subiecte de discuție.

- Există clase bine-cunoscute de probleme despre care se știe că sunt inaccesibile și alte clase care sunt nedecidabile (nu pot fi rezolvate) pentru orice calculator. Unii spun că aceasta înseamnă că inteligența artificială este imposibilă. Este acest lucru adevărat?
- Să presupunem că un program obține la un test standard de inteligență un IQ de 200 de puncte. Este acest program mai inteligent decât un om? Explicați.
- Dați exemplu de o afirmație a unui expert potrivit căreia până la sfârșitul secolului al XX-lea calculatoarele vor avea o anumită capacitate și care s-a dovedit a fi exagerată.
- Dați exemplu de o afirmație a unui expert potrivit căreia calculatoarele nu vor avea niciodată o anumită capacitate și, în zilele noastre, există deja calculatoare care posedă acea capacitate.
- Se spune că nu există posibilitatea ca un calculator să fie inteligent și că el nu poate efectua decât operațiile pe care i le indică programatorul. Este a doua afirmație adevărată? Adevărul celei de-a doua afirmații implică adevărul primeia?
- Se spune că animalele nu pot fi inteligente și că ele nu pot face decât ceea ce le "spun" genele să facă. Este a doua afirmație adevărată? Adevărul celei de-a doua afirmații implică adevărul primeia?

Răspunsurile la aceste întrebări sunt destul de greu de găsit și oricum, oricare ar fi acestea, vor apărea discuții pe tema lor. Totuși, mulți se joacă încercând să găsească răspunsuri cât mai convingătoare. Încercați și voi! Distracție plăcută!

Bibliografie

Stuart J. Russel, Peter Norvig, *Artificial Intelligence, A Modern Approach*, Editura Prentice Hall, New Jersey, 1995

Mihai Scorțaru este redactor șef adjunct al GInfo. Poate fi contactat prin e-mail la adresa skortzy@xnet.ro.

Microsoft Windows XP

Compania Microsoft a anunțat denumirea viitorului său sistem de operare: Windows XP. Până acum, acesta era cunoscut doar sub numele de cod: Whistler.

Acest succes al produsului Windows 2000 va introduce o interfață nouă pentru a ușura utilizarea sistemului. Totuși, diferențele nu vor mai fi la fel de semnificative ca cele dintre in-

terfețele Windows 3.x și Windows '9x/Me sau Windows NT/2000. În acest moment, dezvoltarea sistemului se află în stadiul Beta 2.

Noul sistem de operare va combina o serie de caracteristici ale sistemelor de operare actuale Windows Me și Windows 2000.

De asemenea, Windows XP va conține noul program de navigare Internet Explorer 6.0.