

HANNAH FRY

HELLO, WORLD!

Revoluția informatică și viitorul omenirii

Traducere din limba engleză
ADINA IHORA

Cuvânt-înainte
CIPRIAN I. TOMOIOAGĂ

CORINT
BOOKS
—2019—

CUPRINS

<i>Cuvânt-înainte</i> de Ciprian I. Tomoiagă	5
<i>Notă despre titlu</i>	11
<i>Introducere</i>	15
Capitolul 1 – <i>Puterea</i>	19
Capitolul 2 – <i>Datele personale informatizate</i>	43
Capitolul 3 – <i>Justiția</i>	75
Capitolul 4 – <i>Medicina</i>	110
Capitolul 5 – <i>Automobilele autonome</i>	150
Capitolul 6 – <i>Infracționalitatea</i>	185
Capitolul 7 – <i>Arta</i>	225
<i>Încheiere</i>	251
<i>Note</i>	259
<i>Mulțumiri</i>	313
<i>Glosar</i>	315
<i>Index</i>	321

Capitolul 1

PUTEREA

Garry Kasparov știa exact cum să-și intimideze adversarii. La 34 de ani, era cel mai mare jucător de șah care existase vreodată, având o reputație suficient de redutabilă, încât să îl facă pe orice rival al său să fie cuprins de neliniște. Chiar și așa, apela la un șiretlic enervant pe care adversarii săi ajunseseră să-l urască. În timp ce erau așezați, asudând să câștige ceea ce era, probabil, cea mai grea partidă din viața lor, rusul își lua, nonșalant, ceasul de mână de unde fusese pus, lângă tabla de șah, și și-l fixa din nou la încheietură. Era semnalul pe care îl recunoștea toată lumea, acela care însemna că Garry Kasparov se plictisise să se joace cu adversarul său. Ridicarea ceasului semnala că era timpul ca rivalul său să abandoneze partida. Acesta putea să refuze, însă Kasparov avea să-l învingă oricum în curând, iar acest lucru era inevitabil¹.

Dar atunci când Deep Blue al lui IBM* l-a înfruntat pe Kasparov, în meciul celebru din mai 1997, mașina era imună la asemenea tactici. Rezultatul partidei este bine-cunoscut, însă povestea modului în care Deep Blue și-a asigurat victoria este

* În mai 1997, Gari (sau Garry) Kasparov a jucat la New York un meci de șase partide cu super-computerul IBM, Deep Blue. Evenimentul a fost urmărit de milioane de oameni, în timp real, pe site-ul IBM. Dintre cele șase partide desfășurate pe parcursul a șapte zile, Kasparov nu a reușit să învingă calculatorul decât în prima partidă (n. tr.).

mai puțin știută. Acea triumfare simbolică a computerului asupra ființei umane, care a marcat, în multe privințe, începutul erei algoritmilor, nu s-a datorat doar simplei puteri de calcul superioare. Pentru a-l învinge pe Kasparov, Deep Blue fusese nevoit să-l înțeleagă nu doar ca pe un procesor extrem de eficient pentru calcularea unor mutări de șah senzaționale, ci și ca pe o ființă umană.

Pentru început, inginerii de la IBM au luat geniala decizie de a-l proiecta pe Deep Blue astfel încât să pară mult mai nesigur decât era în realitate. Pe durata celebrului meci format din șase partide, mașina s-a abținut, din când în când, să anunțe ce mutarea dorea să efectueze după ce își terminase deja calculele, uneori chiar și pentru câteva minute bune. Din perspectiva lui Kasparov, întârzierile păreau să lase de înțeles că mașina se căznea, chinându-se să efectueze din ce în ce mai multe calcule. Asta părea să confirme ceea ce Kasparov credea că știa: și anume, că reușise să aducă jocul într-o situație în care numărul posibilităților era atât de năucitor de mare, încât Deep Blue nu putea să ia o hotărâre judicioasă². În realitate, acesta stătea în repaus, știind exact ce piesă să mute și lăsând, pur și simplu, timpul să se scurgă. Era un șiretlic plin de viclenie, dar a funcționat. Chiar din prima partidă a meciului, Kasparov a început să se lase din ce în ce mai distras, tot încercând să aprecieze cât de priceput la șah putea fi Deep Blue³.

Deși Kasparov a câștigat prima partidă, de la a doua, Deep Blue a reușit să i se vâre pe sub piele, deslușindu-i modul de a gândi. Kasparov a încercat să-l ademenească într-o capcană, ispitindu-l să captureze câteva piese, în timp ce el însuși se pregătea – cu câteva mișcări în avans – să-și elibereze regina și să lanseze un atac⁴. Toți șahiștii care urmăreau partida, ca și Kasparov însuși, se așteptau ca Deep Blue să muște momeala și să cadă în capcană. Numai că, nu se știe cum, computerul a mirosit el ceva. Spre uimirea lui Kasparov, Deep Blue și-a dat seama ce pune la cale marele maestru și i-a

blocat acestuia regina, distrugându-i, astfel, orice șansă de a obține o victorie umană⁵.

Kasparov a fost, în mod vizibil, oripilat. Faptul că se înșelase în legătură cu ceea ce era computerul capabil să facă l-a terminat, pur și simplu. Câteva zile mai târziu, într-un interviu luat după meci, el a apreciat că Deep Blue jucase „dintr-odată, pentru o clipă, ca un zeu”⁶. Mulți ani mai târziu, reflectând la cum se simțise atunci, Kasparov a scris că „făcuse greșea să creadă că mutările pe care era surprinzător ca un calculator să le facă reprezentau, totodată, și niște mutări grozave, imbatabile, în mod obiectiv”.⁷ În orice caz, geniul algoritmului triumfase. Felul în care reușise să înțeleagă mintea omenească și propensiunea acesteia spre greșală îl ajutase să îl atace și să îl învingă pe geniul cel mult prea uman.

Demoralizat, Kasparov a preferat să abandoneze a doua partidă, în loc să lupte pentru a obține o remiză. Din acel moment, încrederea lui în sine a început să se destrame.

A treia, a patra și a cincea partidă s-au soldat cu remize. Când s-a ajuns la a șasea, Kasparov era deja terminat. Scorul final al meciului: Deep Blue, 3½, Kasparov, 2½.

A fost o înfrângere ciudată. Kasparov era mai mult decât capabil să iasă din toate pozițiile dificile în care îi ajunseseră piesele de pe tabla de șah, însă el subestimase capacitatea algoritmului, iar apoi se lăsase intimidat de acesta. Reflectând la acel meci, el avea să scrie în 2017:

Am fost atât de impresionat de felul în care juca Deep Blue! Am devenit atât de preocupat de ceea ce era capabil să facă, încât nu am mai izbutit să-mi dau seama că toate problemele mele se datorau mai mult faptului că eu jucam prost, decât faptului că el juca prea bine.⁸

Așa cum vom vedea în repetate rânduri în această carte, așteptările, speranțele noastre, sunt importante. Povestea înfrângerii unui mare maestru de șah de către Deep Blue arată că puterea unui algoritm nu se limitează neapărat la ceea ce

conțin liniile sale de cod. Înțelegerea propriilor defecte și slăbiciuni – precum și pe acelea ale computerului – reprezintă cheia pentru deținerea controlului.

Dar dacă un geniu precum Kasparov nu a înțeles acest lucru, ce speranțe mai avem noi, toți ceilalți? În aceste pagini vom vedea cum algoritmi s-au strecurat, practic, în absolut toate aspectele vieții moderne – de la serviciile medicale și lupta împotriva infracționalității, până la transport și politică. Am reușit, cumva, în decursul timpului, și să-i ignorăm, și să ne lăsăm intimidati de ei, dar și să ne minunăm de capacitățile lor, toate în același timp. Rezultatul este că nu prea avem habar cât de multă putere le conferim și nici dacă nu cumva am îngăduit deja ca lucrurile să meargă prea departe.

ÎNAPOI LA ELEMENTELE FUNDAMENTALE

Înainte de a ajunge să discutăm despre toate acestea însă, ar fi bine, poate, să ne oprim puțin și să ne întrebăm ce înseamnă, mai exact, un *algoritm*. Este o noțiune care, deși frecvent utilizată, nu reușește, cel mai adesea, să transmită prea multe. Asta se întâmplă, în parte, deoarece termenul în sine este destul de neclar. Oficial, el este definit după cum urmează⁹:

algoritm (s.m.), o procedură pas cu pas de soluționare a unei probleme sau de îndeplinire a unei sarcini, în principal de către un computer.

Asta e tot! Un algoritm reprezintă, pur și simplu, o serie de instrucțiuni logice care arată, de la început și până la sfârșit, cum să se îndeplinească o anumită sarcină. Conform acestei definiții generale, o rețetă pentru prăjituri poate fi considerată un algoritm. La fel și o succesiune de îndrumări pe care i le-ai oferi unui străin care s-a rătăcit. Manualele de la IKEA, videoclipurile despre cum să repara diverse chestii de pe YouTube, până și cărțile de tip *self-help* – teoretic, orice listă de instrucțiuni

autonome cu ajutorul cărora se poate atinge un obiectiv specific și bine definit ar putea fi considerată un algoritm.

Numai că termenul nu este utilizat chiar în acest sens. De regulă, când spunem *algoritmi* ne referim la ceva special: încă mai reprezintă, în esență, niște liste de instrucțiuni care trebuie urmate pas cu pas, dar acești algoritmi sunt, aproape întotdeauna, niște obiecte matematice. Ei preiau secvențe de operațiuni matematice și (folosind ecuații, calcule aritmetice sau algebrice, ori chiar analiza matematică, logica și probabilitățile) le traduc în cod-program. Algoritmii sunt „alimentați” cu informații din lumea reală, li se atribuie un obiectiv și sunt puși la lucru, să calculeze și să tot calculeze până își ating scopul. Algoritmii sunt aceia care fac din informatică o adevărată știință, iar, în decursul timpului, au facilitat multe dintre cele mai extraordinare creații moderne realizate de diverse mașini.

Există un număr aproape incalculabil de algoritmi diferiți. Fiecare cu propriile obiective, propriile caracteristici, ingenioasele sale ciudățenii și deficiențe, așa că nu s-a ajuns încă la un consens cu privire la cel mai bun mod de a-i clasifica. Dar, în mod general, poate fi util să ne gândim la sarcinile din lumea reală pe care le îndeplinesc algoritmii, grupându-le în patru mari categorii¹⁰:

Stabilirea priorităților: conceperea unei liste ordonate

Google Search anticipează ce site cauți, deoarece ierarhizează, stabilește prioritatea unui site pe care s-ar putea să dorești să-l accesezi în funcție de frecvența cu care l-ai utilizat în trecut, comparând rezultatele și clasificându-le. În mod similar procedează Netflix când îți sugerează filme pe care s-ar putea să-ți placă să le urmărești sau TomTom* când îți alege ruta cea mai rapidă. Toate folosesc un proces matematic pentru a ordona marea varietate de alegeri posibile. Deep Blue a fost, în principal, tot un algoritm de stabilire

* Companie fondată în 1991, cu sediul central în Amsterdam, Olanda, specializată în sisteme de navigare auto și hărți (n. tr.).

de priorităţi, unul care trecea în revistă toate mutările posibile de pe tabla de şah şi calcula care dintre ele ar putea oferi şansa cea mai bună de a învinge.

Clasificarea: alegerea unei categorii

Când m-am apropiat de vârsta de 30 de ani, am fost bombardată pe Facebook de reclame la inele de logodnă, împodobite cu diamante. Iar, de îndată ce m-am căsătorit, reclamele pentru testele de sarcină mă urmăreau peste tot pe internet. Pentru aceste mici săcăieli trebuie să le mulţumesc algoritmilor de clasificare. Aceştia, care sunt atât de îndrăgiţi de cei care lucrează în agenţiile de publicitate, rulează în spatele scenei şi te clasifică drept o persoană interesată de lucrurile respective pe baza caracteristicilor personale. (Şi, cu toate că s-ar putea să aibă dreptate, tot este supărător când reclamele la teste de fertilitate îţi tot răsar pe laptop în mijlocul unei şedinţe!)

Există algoritmi care pot să clasifice şi să îndepărteze automat conţinutul inadecvat de pe YouTube, alţii care pot eticheta pozele de vacanţă în locul tău şi algoritmi care îţi pot scana scrisul de mână şi identifica orice semn de pe o pagină drept o literă din alfabet.

Asocierea: găsirea legăturilor

Asocierea se referă la găsirea şi evidenţierea relaţiilor dintre lucruri. Algoritmii pentru site-urile de anunţuri matrimoniale, precum OKCupid, se bazează pe asociere, ei căutând legături între membri şi sugerând potriviri în funcţie de rezultatele găsite. Motorul de recomandări al companiei Amazon foloseşte o idee similară, făcând asocieri între ceea ce te interesează şi ceea ce i-a interesat pe foştii clienţi. Aceasta a dus la uimitoarea sugestie de cumpărături care i s-a făcut utilizatorului *Kerobotat* de pe site-ul Reddit, după ce cumpăraseră o bătă de baseball pe Amazon: „Poate vă interesează să cumpăraţi această cagulă?”¹¹

Filtrarea: izolarea a ceea ce este important

Algoritmii trebuie adesea să îndeparteze o parte din informații pentru a se concentra asupra a ceea ce este important, să separe, adică, semnalul de zgomot. Uneori fac asta *ad litteram*: astfel, algoritmii de recunoaștere a vorbirii, cum sunt cei care rulează în interiorul Siri, Alexa și Cortana, trebuie, mai întâi, să-ți filtreze vocea, pentru a o deosebi de zgomotele din fundal înainte de a începe să lucreze la descifrarea spuselor tale. Uneori o fac în sens figurat: Facebook și Twitter filtrează, în funcție de activitatea ta anterioară, postările care au legătură cu ceea ce te interesează, pentru a concepe un flux de știri (*feed*) personalizat, care ți se adresează numai și numai ție.

Majoritatea algoritmilor sunt astfel concepuți, încât să execute o combinație a sarcinilor de mai sus. Spre exemplu, UberPool potrivește, în mod automat, pasagerii potențiali cu alții, care se deplasează în aceeași direcție. Odată ce i se dau punctul de plecare și destinația, aplicația trebuie să selecteze posibilele rute care te-ar duce acasă, să te asocieze cu alți utilizatori care se îndreaptă în aceeași direcție și să te aloce unui grup pe care l-ai ales – toate acestea, în timp ce selectează, cu prioritate, rutele care vor obliga șoferul să execute cele mai puține schimbări de direcție, pentru a face cursa cât mai eficientă cu putință.¹²

Prin urmare, asta pot face algoritmii. Acum, să vedem cum reușesc să ducă la îndeplinire toate acestea. Din nou, deși posibilitățile sunt, practic, infinite, există un mod de a sintetiza lucrurile. Putem considera că abordările utilizate de algoritmi se încadrează, în linii mari, în două paradigme principale pe care le vom întâlni în această carte.

Algoritmi care se bazează pe reguli

Primul tip de algoritmi se bazează pe reguli. Instrucțiunile lor sunt scrise de un operator uman, sunt directe și lipsite de ambiguitate. Ne putem imagina că algoritmii aceștia urmează o schemă logică precum rețeta unei prăjituri. Primul pas:

fă asta. Al doilea pas: dacă faci asta, atunci rezultă cealaltă. Ceea ce nu înseamnă deloc că acești algoritmi ar fi simpli – există suficient spațiu pentru construirea unor programe puternice în cadrul amintitei paradigme.

Algoritmi de învățare automată

Al doilea tip de algoritmi s-a inspirat din modul în care învață ființele vii. Pentru a oferi o analogie, să ne gândim cum am putea să-l învățăm pe un câine să ne dea laba. Nu este nevoie să întocmim o listă exactă de instrucțiuni pe care să i le comunicăm. Dresorul nu trebuie decât să își stabilească bine în minte un obiectiv (ce dorește să facă acel câine), precum și o modalitate oarecare de a-l răsplăti atunci când duce la îndeplinire în mod corect sarcina respectivă. Totul se rezumă, cât se poate de simplu, la consolidarea comportamentului dezirabil și la ignorarea celui nedorit, și, desigur, la exersare, astfel încât câinele să ajungă să-și dea singur seama ce are de făcut. Când vorbim despre algoritmi, echivalentul celor de mai sus este cunoscut sub denumirea de „algoritm de învățare automată”, care se înscrie în categoria mai largă a „intelenței artificiale”, sau IA*. Îi furnizezi mașinii informații, un obiectiv și feed-back atunci când se află pe calea cea bună – și o lași să descopere singură modalitatea cea mai bună de a-și atinge scopul.

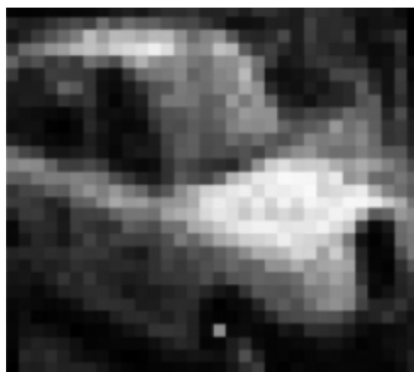
Ambele tipuri de algoritmi au părți pozitive și negative. Din moment ce algoritmi care se bazează pe reguli au instrucțiuni scrise de ființe umane, ei sunt ușor de înțeles. Teoretic, oricine îi poate descompune și urmări raționamentul a ceea ce se petrece înăuntrul lor.¹³ Însă această binecuvântare este, pentru ei, și un blestem. Algoritmii care se bazează pe reguli vor funcționa numai pentru rezolvarea problemelor pentru care operatorii umani știu cum să scrie instrucțiunile.

Algoritmii de învățare automată, în schimb, s-au dovedit, recent, a fi remarcabil de buni la rezolvarea unor probleme pentru care scrierea unei liste de instrucțiuni nu este posibilă.

* *AI, artificial intelligence* (engl.) (n. tr.).

Ei pot recunoaște obiecte în diverse imagini, ne pot înțelege cuvintele pe măsură ce le rostim și pot să traducă dintr-o limbă în alta – ceva ce a fost întotdeauna dificil pentru algoritmi care se bazează pe reguli. Dezavantajul este că, dacă vei lăsa o mașină să descopere singură soluția, procesul pe care îl va urma pentru a-și îndeplini obiectivul nu va avea sens pentru un observator uman. Căci părțile sale tainice pot fi o enigmă chiar și pentru cei mai pricepuți programatori ai zilelor noastre.

Să luăm, de exemplu, sarcina recunoașterii unei imagini. Un grup de cercetători japonezi a demonstrat de curând cât de bizar i se poate părea unui om modul în care un algoritm „vede” lumea. Poate că ați mai întâlnit iluzia optică în care nu puteți spune cu certitudine dacă vă uitați la imaginea unei vase sau la aceea a două chipuri umane (în caz contrar, aveți un exemplu în notele de la sfârșitul cărții¹⁴). Iată care ar fi echivalentul acesteia pentru un computer: echipa de cercetători a arătat că simpla modificare a unui singur pixel la roata din față a imaginii următoare fusese de ajuns pentru a face ca un algoritm de învățare automată să se răzgândească și să considere că fotografia nu mai reprezenta un automobil, ci un câine.¹⁵



Pentru unii, ideea ca un algoritm să lucreze fără instrucțiuni explicite pare să reprezinte cea mai sigură cale spre dezastru. Cum putem controla ceva ce nu înțelegem? Ce se va întâmpla în cazul în care capacitățile mașinilor conștiente de sine și super-inteligente le vor depăși pe acelea ale creatorilor lor? Cum am putea garanta că o inteligență artificială (IA) pe care nu o înțelegem și pe care nu o putem controla nu completează deja împotriva noastră?

Toate acestea sunt întrebări ipotetice interesante și nu ducem lipsă de cărți despre amenințarea iminentă a unei apocalipse cauzate de IA. Îmi cer scuze dacă la așa ceva vă așteptați, însă cartea de față nu este una dintre ele. Cu toate că IA a făcut progrese rapide în ultima vreme, aceasta rămâne „inteligentă” numai în sensul cel mai restrâns al noțiunii. Ar fi, poate, mai util să ne gândim că am asistat la o revoluție în ceea ce privește statistica informatizată, mai degrabă decât la o revoluție în crearea inteligenței artificiale. Știu că sună mult mai puțin atrăgător (dacă nu cumva *chiar* sunteți pasionați de statistică!), însă este o descriere mult mai corectă a modului în care stau lucrurile în prezent.

Pentru moment, să ne facem griji din cauza unei IA malefice pare, oarecum, ca și cum ne-am face griji în legătură cu... suprapopularea planetei Marte!* Poate că într-o bună zi vom ajunge și în punctul în care inteligența artificială o va depăși pe cea umană, însă, pentru moment, nu suntem nici pe departe acolo. La drept vorbind, suntem încă departe de crearea fie și a unei inteligențe de nivelul celei pe care o are un arici. Până

* Am parafrazat aici un comentariu făcut de Andrew Ng, specialistul în calculatoare și pionierul *deep learning*, într-o conferință pe care a susținut-o în 2015. Vezi Tech Events, GPU Technology Conference 2015, ziua a III-a: „What’s Next in Deep Learning”, discurs postat pe YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=qP9TOX8T-kl>) la 20 noiembrie 2015 (link accesat cel mai recent la 4 martie 2019) (n. a.).