

**MICHIO
KAKU**

**SUPREMAȚIA
CUANTICĂ**

CUM VA SCHIMBA TOTUL
REVOLUȚIA COMPUTERELOR
CUANTICE

Traducere din limba engleză de
Constantin Dumitru-Palcus

3
TREI

Editori:
Silviu Dragomir
Magdalena Mărculescu
Vasile Dem. Zamfirescu

Redactare:
Irina Tudor Dumitrescu

Design și ilustrație copertă:
Andrei Gamaț

Director producție:
Cristian Claudiu Coban

Dtp:
Mirela Voicu

Corectură:
Dușa Udrea-Boborel
Cristina Spătărelu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

KAKU, MICHIO

Supremația cuantică : cum va schimba totul revoluția computerelor cuantice /
Michio Kaku ; trad. din lb. engleză de Constantin Dumitru-Palculus. - București :
Editura Trei, 2024

Conține bibliografie

ISBN 978-606-40-2365-0

I. Dumitru-Palculus, Constantin (trad.)

004

Titlul original: QUANTUM SUPREMACY. How the Quantum Computer
Revolution Will Change Everything
Autor: Michio Kaku

Copyright © 2023 by Michio Kaku

Copyright © Editura Trei, 2024
pentru prezenta ediție

O.P. 16, Ghișeu 1, C.P. 0490, București
Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20
e-mail: comenzi@edituratrei.ro
www.edituratrei.ro

ISBN: 978-606-40-2365-0

Cuprins

Partea I. Ascensiunea computerelor cuantice	9
Capitolul 1. Sfârșitul erei siliciului.....	11
Capitolul 2. Sfârșitul erei digitale	38
Capitolul 3. Ascensiunea cuantică.....	57
Capitolul 4. Începuturile computerelor cuantice	84
Capitolul 5. Cursa a început	120
Partea a II-a. Computerele cuantice și societatea.....	135
Capitolul 6. Originea vieții.....	137
Capitolul 7. Ecologizarea lumii.....	156
Capitolul 8. Hrănirea planetei	168
Capitolul 9. Energie pentru întreaga planetă.....	182
Partea a III-a. Medicina cuantică.....	195
Capitolul 10. Sănătatea cuantică	197
Capitolul 11. Editarea genelor și vindecarea cancerului.....	213
Capitolul 12. Inteligența artificială și computerele cuantice	237
Capitolul 13. Nemurirea	266
Partea a IV-a. Modelarea lumii și a universului	295
Capitolul 14. Încălzirea globală.....	297
Capitolul 15. Soarele într-o sticlă	315
Capitolul 16. Simularea universului.....	336
Capitolul 17. O zi în anul 2050.....	368
Epilog. Puzzle-uri cuantice.....	379
<i>Mulțumiri</i>	395
<i>Note</i>	398
<i>Bibliografie selectivă</i>	406
<i>Credite ilustrații</i>	407

Partea I

**ASCENSIUNEA COMPUTERELOR
CUANTICE**

Capitolul 1

Sfârșitul erei siliciului

Se apropie o revoluție.

În 2019 și 2020, două bombe au zguduit lumea științei. Două grupuri au anunțat că au atins supremația cuantică, legendarul punct în care un tip cu totul nou de calculator, numit computer cuantic, ar putea depăși decisiv un supercomputer digital obișnuit în sarcini specifice. Acest lucru a anunțat o perturbare care poate schimba întregul peisaj informatic și poate bulversa fiecare aspect al vieții noastre de zi cu zi.

Mai întâi, Google a dezvăluit că Sycamore, computerul său cuantic, ar putea rezolva în 200 de secunde o problemă matematică a cărei rezolvare i-ar lua 10000 de ani celui mai rapid supercomputer din lume. Potrivit publicației *MIT's Technology Review*, Google a numit acest lucru o descoperire majoră. Ei au comparat-o cu lansarea Sputnik sau cu primul zbor al fraților Wright. A fost „pragul unei noi ere a mașinilor care ar face cel mai puternic computer de astăzi să pară un abac”¹.

Apoi, Institutul de Inovare Cuantică din cadrul Academiei Chineze de Științe a mers și mai departe. Chinezii au afirmat că au realizat un computer cuantic de 100 de miliarde de ori mai rapid decât un supercomputer obișnuit.

Vicepreședintele IBM, Bob Sutor, comentând ascensiunea fulgărătoare a computerelor cuantice, a declarat

categoric: „Cred că va fi cea mai importantă tehnologie de calcul din acest secol“.²

Computerul cuantic a fost numit „calculatorul suprem“, un salt decisiv în tehnologie cu implicații profunde pentru întreaga lume. În loc să efectueze calcule pe tranzistori minusculi, acestea calculează pe cel mai mic obiect posibil — atomii înșiși — și, prin urmare, pot depăși cu ușurință puterea celui mai mare supercomputer al nostru. Calculatoarele cuantice ar putea deschide o eră complet nouă pentru economie, societate și modul nostru de viață.

Dar calculatorul cuantic este mai mult decât un simplu calculator puternic. El reprezintă un nou tip de computer care poate aborda probleme pe care computerele digitale nu le pot rezolva niciodată, nici măcar într-un interval infinit. De exemplu, computerele digitale nu vor putea niciodată să calculeze cu exactitate modul în care atomii se combină pentru a crea reacții chimice cruciale, în special pe cele care fac posibilă viața. Calculatoarele digitale pot calcula doar pe bandă digitală, formată din serii de 0 și 1, iar acestea sunt prea rudimentare pentru a descrie undele electronice delicate care dansează în adâncul unei molecule. De exemplu, când calculează anevoios traseele parcurse de un șoarece într-un labirint, un computer digital trebuie să analizeze laborios fiecare traseu posibil, unul după altul. Un computer cuantic, însă, analizează *simultan* toate căile posibile la un moment dat, cu o viteză fulgerătoare.

Acest lucru a accentuat o rivalitate aprigă între giganții din domeniul informaticii, care se întrec în a crea cel mai puternic computer cuantic din lume. În 2021, IBM

și-a prezentat propriul computer cuantic, denumit Eagle, care a preluat conducerea, având o putere de calcul mai mare decât toate modelele anterioare.

Dar recordurile sunt făcute pentru a fi depășite.

Având în vedere implicațiile profunde ale acestei revoluții, nu este surprinzător faptul că multe dintre cele mai importante corporații din lume au investit masiv în această nouă tehnologie. Google, Microsoft, Intel, IBM, Rigetti și Honeywell construiesc, cu toții, prototipuri de calculatoare cuantice. Liderii din Silicon Valley își dau seama că trebuie să țină pasul cu această revoluție, altfel vor fi depășiți cu ușurință.

IBM, Honeywell și Rigetti Computing și-au pus pe internet prima generație de calculatoare cuantice pentru a stârni apetitul unui public curios, astfel încât oamenii să poată avea pentru prima dată acces direct la procesele cuantice de calcul. Se poate experimenta direct această nouă revoluție prin conectarea la un calculator cuantic pe internet. De exemplu, IBM Q Experience, lansat în 2016, pune la dispoziția publicului 15 calculatoare cuantice prin intermediul internetului, gratuit. Samsung și JPMorgan Chase se numără printre acești utilizatori. Deja 2000 de persoane, de la elevi la profesori, le folosesc în fiecare lună.

Wall Street a manifestat un interes deosebit pentru această tehnologie. IonQ a devenit prima mare companie de calcul cuantic care a fost listată la bursă, obținând 600 de milioane de dolari în cadrul ofertei publice inițiale din 2021. Chiar mai surprinzător, rivalitatea este atât de mare încât un nou start-up, PsiQuantum, fără niciun prototip comercial pe piață sau fără vreun istoric

de produse anterioare, a urcat brusc pe Wall Street la o evaluare de 3,1 miliarde de dolari, cu posibilitatea de a obține o finanțare de 665 de milioane de dolari aproape peste noapte. Analiștii de business au scris că rareori au mai văzut așa ceva, o companie nouă care să profite de pe urma valului de speculații febrile și de titluri senzaționale pentru a atinge astfel de culmi.

Firma de consultanță și contabilitate Deloitte estimează că piața computerelor cuantice ar trebui să ajungă la sute de milioane de dolari în anii 2020 și la zeci de miliarde de dolari în anii 2030. Nimeni nu știe când vor intra computerele cuantice pe piața comercială și când vor modifica peisajul economic, dar previziunile sunt revizuite în permanență pentru a ține pasul cu viteza fără precedent a descoperirilor științifice în acest domeniu. Christopher Savoie, CEO al Zapata Computing, spune: „Nu se mai pune problema dacă, ci când“, vorbind despre ascensiunea fulminantă a computerelor cuantice.³

Chiar și Congresul american și-a exprimat interesul pentru a ajuta la demararea acestei noi tehnologii. Realizând că alte națiuni au finanțat deja cu generozitate cercetarea în domeniul computerelor cuantice, în decembrie 2018, Congresul a adoptat Legea privind Inițiativa Cuantică Națională, oferind fonduri de bază care să ajute la inițierea de noi cercetări. Aceasta a impus formarea a două până la cinci noi centre naționale de cercetare în domeniul științei informației cuantice, care vor fi finanțate cu 80 de milioane de dolari anual.

În 2021, guvernul SUA a anunțat, de asemenea, o investiție de 625 de milioane de dolari în tehnologiile

cuantice, care va fi supervizată de Departamentul pentru Energie. Corporații gigantice, precum Microsoft, IBM și Lockheed Martin, au contribuit, de asemenea, cu alte 340 de milioane de dolari la acest proiect.

China și SUA nu sunt singurele care folosesc fonduri guvernamentale pentru a accelera această tehnologie. Guvernul britanic construiește în prezent Centrul național de calcul cuantic, care va servi drept centru de cercetare în domeniul calculului cuantic și care va fi construit în laboratorul Harwell al Consiliului pentru instalații științifice și tehnologice din Oxfordshire. Stimulate de guvern, până la sfârșitul anului 2019 au fost înființate în Regatul Unit 30 de start-up-uri în domeniul calculatoarelor cuantice. Analistii din industrie recunosc că este un pariu de un trilion de dolari. Nu există garanții în acest domeniu extrem de competitiv. În ciuda realizărilor tehnice impresionante obținute de Google și de alte companii în ultima perioadă, vor mai trece mulți ani până la crearea unui computer cuantic funcțional, care să poată rezolva probleme din lumea reală. În fața noastră se află încă o cantitate enormă de muncă asiduă. Unii critici susțin chiar că ar putea fi o goană după himere. Dar companiile de calculatoare își dau seama că, dacă nu-și proptesc un picior în ușă, aceasta li s-ar putea închide în nas. Ivan Ostojic, partener la firma de consultanță McKinsey, a declarat: „Companiile din industriile în care tehnologia cuantică va avea cel mai mare potențial de perturbare completă ar trebui să se implice chiar acum în acest domeniu”.⁴ Sectoare precum chimia, medicina, petrolul și gazele, transportul, logistica, băncile, industria farmaceutică și securitatea cibernetică sunt pregătite

pentru schimbări majore. El a mai spus: „În principiu, tehnologia cuantică va fi relevantă pentru toți directorii IT, deoarece va accelera găsirea de soluții pentru o gamă largă de probleme. Aceste companii trebuie să devină posesoare de competențe cuantice“. Vern Brownell, fostul director executiv al D-Wave Systems, o companie canadiană de calcul cuantic, remarcă: „Credem că ne aflăm chiar pe punctul de a oferi capabilități pe care nu le poți obține cu ajutorul metodelor clasice de calcul“. Mulți oameni de știință consideră că intrăm acum într-o eră cu totul nouă, cu unde de șoc comparabile cu cele create de introducerea tranzistorului și a microcipului. Companiile care nu au legături directe cu producția de computere — precum gigantul auto Daimler, care deține Mercedes-Benz — investesc deja în noua tehnologie, simțind că aceste calculatoare cuantice pot deschide calea pentru noi evoluții în propriile industrii. Julius Marcea, un executiv al rivalului BMW, a declarat: „Suntem încântați să investigăm potențialul de transformare pe care îl au calculatoarele cuantice asupra industriei auto și ne angajăm să extindem limitele performanței ingineresti“⁵. Alte companii mari, precum Volkswagen și Airbus, au înființat propriile divizii de calcul cuantic pentru a explora modul în care acest lucru le poate revoluționa activitatea. Companiile farmaceutice urmăresc, de asemenea, cu atenție evoluțiile din acest domeniu, realizând în ce măsură computerele cuantice ar putea fi capabile să simuleze procese chimice și biologice complexe care depășesc cu mult capacitatea computerelor digitale. Instalațiile uriașe dedicate testării a milioane de medicamente ar putea fi într-o zi înlocuite de „laboratoare virtuale“ care

testează medicamente în spațiul cibernetic. Unii s-au temut că, într-o bună zi, acest lucru i-ar putea înlocui pe chimiști. Dar Derek Lowe, care gestionează un blog despre descoperirile în domeniul medicamentelor, spune: „Nu este vorba că mașinile îi vor înlocui pe chimiști, ci despre faptul că acei chimiști care folosesc mașinile îi vor înlocui pe cei care nu o fac”.⁶ Chiar și Large Hadron Collider de lângă Geneva, cea mai mare instalație științifică din lume, în care se ciocnesc protoni la 14 trilioane de electronvolți pentru a recrea condițiile universului timpuriu, folosește acum calculatoare cuantice pentru a ajuta la cernerea munților de date. Într-o secundă, acestea pot analiza până la un trilion de biți generați de aproximativ un miliard de coliziuni de particule. Poate că, într-o zi, computerele cuantice vor desluși secretele creării universului.

Supremația cuantică

În 2012, când fizicianul John Preskill de la California Institute of Technology a inventat termenul „supremație cuantică”, mulți oameni de știință au clătinat din cap. Aceștia credeau că va dura zeci de ani, dacă nu chiar secole, până când computerele cuantice vor putea depăși performanțele unuia digital. La urma urmei, calculul pe atomi individuali, mai degrabă decât pe plachete de cipuri de siliciu, era considerat diabolic de dificil. Cea mai mică vibrație sau perturbație poate deranja dansul delicat al atomilor dintr-un computer cuantic. Dar aceste anunțuri uimitoare ale supremației cuantice au demonstrat până acum previziunile sumbre ale scepticilor. În

prezent, preocuparea principală este viteza de dezvoltare a domeniului.

Cutremurele provocate de aceste realizări remarcabile au zguduit, de asemenea, consiliile de administrație și agențiile de informații din întreaga lume. Documentele divulgate de informatori au arătat că CIA și Agenția Națională de Securitate urmăresc îndeaproape evoluțiile din acest domeniu. Pentru că, în principiu, computerele cuantice sunt atât de puternice încât ar putea sparge toate codurile cibernetice cunoscute. Acest lucru înseamnă că secretele păstrate cu grijă de guverne — bijuteriile coroanei, să le spunem așa — conținând cele mai sensibile informații, sunt vulnerabile la atac, la fel ca și cele mai bine păstrate secrete ale corporațiilor și chiar ale persoanelor fizice. Situația este atât de urgentă, încât chiar și Institutul Național de Standarde și Tehnologie al SUA (NIST), care stabilește politica și standardele naționale, a emis recent orientări pentru a ajuta marile corporații și agenții să planifice tranziția inevitabilă către această nouă eră. NIST a anunțat deja că se așteaptă ca, până în 2029, computerele cuantice să fie capabile să spargă criptarea AES pe 128 de biți, codul folosit de multe companii.

În revista *Forbes*, Ali El Kaafarani notează: „Aceasta este o perspectivă terifiantă pentru orice organizație care trebuie să protejeze informații sensibile“.⁷

Chinezii au cheltuit 10 miliarde de dolari pentru laboratorul lor național dedicat științelor informațiilor cuantice, deoarece sunt hotărâți să fie lideri în acest domeniu vital și în continuă evoluție. Națiunile cheltuiesc zeci de miliarde pentru a proteja ca pe ochii din cap aceste coduri. Înarmat cu un computer cuantic, un

hacker ar putea pătrunde în *orice* calculator digital de pe planetă, perturbând astfel industriile și chiar obiectivele militare. Toate informațiile sensibile ar putea ajunge pe mâna celui mai generos ofertant. De asemenea, piețele financiare ar putea fi aruncate în degringoladă de computerele cuantice care pătrund în sanctuarul intim al Wall Street. Computerele cuantice ar putea, totodată, să spargă *blockchain*-ul, creând haos și pe piața bitcoin. Deloitte a estimat că aproximativ 25% dintre aceste monede virtuale sunt potențial vulnerabile la piratarea de către un computer cuantic.

„Cei care derulează proiecte *blockchain* vor urmări cu atenție progresele în domeniul calculului cuantic”⁸, concluzionează un raport realizat de CB Insights, o platformă de analiză a mediului de business.

Așadar în joc este nici mai mult, nici mai puțin decât economia mondială, care este temeinic legată de tehnologia digitală. Băncile de pe Wall Street folosesc computere pentru a ține evidența tranzacțiilor de miliarde de dolari. Inginerii folosesc computerele pentru a proiecta zgârie-nori, poduri și rachete. Artiștii depind de computere pentru a anima blockbusterele de la Hollywood. Companiile farmaceutice folosesc computerele pentru a dezvolta următorul lor medicament-minune. Copiii se bazează pe computere pentru a juca cel mai nou joc video cu prietenii lor. Iar noi depindem în mod crucial de telefoanele mobile pentru a avea instantaneu vești de la prietenii, colaboratorii și rudele noastre. Cu toții am experimentat sentimentul de panică ori de câte ori nu ne-am găsit telefonul mobil. De fapt, este extrem de dificil să numim vreo activitate umană care să nu fi fost

transformată fundamental de computere. Suntem atât de dependenți de ele, încât, dacă toate computerele din lume s-ar opri brusc, civilizația ar fi aruncată în haos. Iată de ce oamenii de știință urmăresc cu atâta atenție dezvoltarea computerelor cuantice.

Sfârșitul legii lui Moore

Până la urmă, de ce atâta agitație și controverse?

Apariția computerelor cuantice este un semn că epoca siliconului se apropie treptat de sfârșit. În ultima jumătate de secol, explozia de putere a calculatoarelor a fost descrisă de legea lui Moore, numită după Gordon Moore, fondatorul Intel. Legea lui Moore afirmă că puterea calculatoarelor se dublează la fiecare 18 luni. Această lege înșelător de simplă a urmărit creșterea exponențială remarcabilă a puterii calculatoarelor, care este fără precedent în istoria omenirii. Nu există nicio altă invenție care să fi avut un impact atât de puternic într-o perioadă atât de scurtă de timp.

Calculatoarele au trecut prin mai multe etape de-a lungul istoriei lor, de fiecare dată mărindu-și considerabil puterea și provocând schimbări majore în societate. De fapt, legea lui Moore poate fi extinsă până în anii 1800, în epoca calculatoarelor mecanice. Pe atunci, inginerii foloseau cilindri rotitori și angrenaje cu roți dințate pentru a efectua operații aritmetice simple. La începutul secolului trecut, aceste calculatoare au început să fie alimentate cu curent electric, fiind înlocuite angrenajele cu rele și cabluri. În timpul celui de-Al Doilea Război Mondial, calculatoarele au folosit rețele vaste de tuburi