

Alan Turing (1912 - 1954) și contribuția sa la înfrângerea nazismului

De Brigitte Battat

"În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, noțiunea de mașină care imită o altă mașină avea să fie pusă în aplicare în "bomba" poloneză și în "bombe" britanică. Aceste mașini au simulat funcționarea mai multor mașini de cifrat germane Enigma și au permis serviciilor secrete britanice să afle planurile germane la timp pentru a le contracara pe uscat, pe mare și în aer. Mai târziu, britanicii au folosit Colossus, un prototip al computerului modern, pentru a sparge mesajele cifrate și transmise simultan prin teleimprimatoarele Lorenz SZ42 între Hitler și generalii săi. Rapoartele de informații bazate pe spargerea cifrului german de către aceste mașini au fost denumite "Ultra intelligence." Faptul că serviciile de informații britanice spargeau în mod regulat codurile germane a fost numit "Ultra secret". Ultra nu a devenit cunoscut publicului până în anii 1970, când unii dintre foștii spărgători de coduri au început să scrie despre el. Mai recent, au fost publicate mii de documente ale Agenției Naționale de Securitate, odată clasificate. Aceste documente dezvăluie modul în care mașinile au fost folosite pentru a mecaniza funcțiile de bază ale funcționarilor de cifrare germani și ale spărgătorilor de coduri britanici. ""

Institutul Alan Turing [AIUK]

*

Există o cornucopia de informații scrise despre contribuția lui Turing la știință și tehnologie. Există diverse speculații cu privire la dispariția sa finală. Prezentul articol este o descriere prescurtată a contribuției unice a lui Turing la înalta tehnologie și la lumea calculatoarelor.

Se spune că, fără contribuția lui Alan Turing la efortul de război, victoria aliaților împotriva Germaniei ar fi putut dura mult mai mult timp și ar fi avut loc mult mai multe victime. Turing a avut un rol esențial în dezvoltarea și influențarea dispozitivelor de calcul reale care au scurtat războiul cu până la doi ani, prin decodificarea mesajelor criptate ale inamicului, despre care se credea în general că sunt de neînving. După cum stipulează site-ul BBC News:

"Turing a pus mașina împotriva mașinii. Modelul prototip al "bombei" sale anti-Enigma, numit simplu Victory, a fost instalat în primăvara anului 1940. Bombele sale au transformat Bletchley Park într-o fabrică de spargere a codurilor. Încă din 1943, mașinile lui Turing descifrau un total uluitor de 84.000 de mesaje Enigma în fiecare lună - două mesaje în fiecare minut. Turing personal a spart forma de Enigma folosită de submarinele care atacau convoaiele comerciale din Atlanticul de Nord."

Alan Turing - Ființa umană

Alan Turing a fost un matematician strălucit. El este considerat fondatorul informaticii. În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, a fost membru al echipei de la Bletchley Park, care a spart sistemele de cifrare folosite pe mașina germană Enigma. Rezultatul acestui efort a contribuit la informațiile Ultra Intelligence, care s-au dovedit a fi un factor cheie în succesele Alianților în timpul războiului.

Ultra a fost denumirea adoptată de serviciile de informații militare britanice în iunie 1941 pentru informațiile de război obținute prin spargerea comunicațiilor radio și teleimprimante inamice criptate la nivel înalt la Școala guvernamentală de coduri și cifru (GC&CS) situată la Bletchley Park. Ultra a devenit în cele din urmă denumirea standard a alianților occidentali pentru toate informațiile de acest tip. Informațiile obținute la Bletchley Park au fost considerate mai importante decât cele desemnate prin cea mai înaltă clasificare de securitate britanică folosită la acea vreme (Most Secret) și, prin urmare, au fost considerate Ultra Secret.

*

În biografia lor despre Alan Turing, Hodges și Hofstadter fac un comentariu interesant cu privire la mediul politic și tehnic din momentul nașterii lui Turing, în 1912. Analiza lor poate indica faptul că terenul a devenit fertil pentru ca indivizi precum Turing să dezvolte tehnologii noi care să schimbe lumea.

"Grevele, sufragetele și aproape războiul civil din Irlanda schimbaseră Marea Britanie politică. National Insurance Act, Official Secrets Act și ceea ce Churchill numea "flotele și armatele gigantice care impresionează și oprimă civilizația timpului nostru", toate au marcat moartea certitudinilor victoriene și rolul extins al statului. Substanța doctrinei creștine se evaporase de mult timp, iar autoritatea științei deținea o influență mai mare. Cu toate acestea, chiar și știința simțea o nouă incertitudine. Iar noua tehnologie, care extindea enorm mijloacele de exprimare și de comunicare, deschisese ceea ce Whitman elogiase ca fiind Anii Moderni, în care nimeni nu știa ce ar putea să se întâmple în continuare - fie un "război general divin", fie o ieșire extraordinară împotriva ideii de castă."

*

Alan Turing a învățat singur să citească în aproximativ trei săptămâni, folosind o carte intitulată "Reading without Tears". Cu toate acestea, era mai rapid la identificarea cifrelor și avea obiceiul frustrant de a se opri la fiecare stâlp de iluminat și de a încerca să identifice numărul de serie al acestuia. Această obsesie s-a tradus mai târziu în capacitatea sa de a fi un spărgător de coduri.

O bună cunoaștere a limbii latine era o cerință pentru a fi acceptat la o școală publică britanică (adică la o școală privată). Cu toate acestea, Alan Turing nu era interesat de limba latină, preferând să creeze jocuri cu numere. Bona sa a făcut următorul comentariu despre Alan când era mic copil:

"Lucrul care mi-a rămas cel mai mult în minte a fost integritatea și inteligența sa pentru un copil atât de mic cum era atunci, de asemenea, nu puteai să camuflezi nimic de la el. Îmi amintesc că într-o zi Alan și cu mine ne jucam împreună. Am jucat astfel încât el să câștige, dar el a observat asta. A fost agitație timp de câteva minute..."

În timpul unei vacanțe la Ullapool, în extremitatea nord-vestică a Scoției, Alan a decis să adune miere pentru ceaiul de picnic. Pentru a reuși acest lucru, a stabilit punctul de intersecție a traiectoriilor albinelor în zbor, în vederea găsirii cuibului acestora. Mierea recuperată era tulbure, dar i-a impresionat pe părinții săi.

În 1922, un binefăcător i-a dăruit lui Alan Turing o carte intitulată "Natural Wonders Every Child Should Know" (Minuni naturale pe care orice copil ar trebui să le cunoască), care i-a deschis ochii asupra științei și l-a inspirat să înțeleagă structura mașinilor, în special a mașinilor care l-ar putea ajuta să îmbunătățească abilitățile de scriere:

"1 aprilie (ziua prostului)

Ghiciți cu ce scriu. Este o invenție a mea este un stilou ca acesta: - [diagramă rudimentară] vedeți, pentru a-l umple, apăsați E ["capătul moale al umpluturii stiloului"] și dați-i drumul, iar cerneala este aspirată și este plin. Eu am aranjat-o astfel încât atunci când apăsați un pic de cerneală să coboare, dar se tot înfundă."

În luna iulie a aceluiași an, Alan a descris o idee rudimentară pentru o mașină de scris. În 1924, geografia și chimia au devenit subiectele sale de interes.

În articolul său despre Alan Turing, PBS News Hour oferă următoarele informații care contribuie la o mai bună înțelegere a lui Turing ca om de știință și matematician:

"Cea mai notabilă activitate a lui Turing este astăzi cea de informatician. În 1936, el a dezvoltat ideea pentru Mașina Universală Turing, baza primului calculator. Iar în 1950 a dezvoltat un test pentru inteligența artificială, care este folosit și astăzi."

Dar a studiat și fizica, mai ales în tinerețe. A citit teoria relativității a lui Einstein în adolescență și a umplut imediat un caiet cu propriile gânduri și idei pe această temă. După război, a făcut incursiuni în mecanica cuantică, un domeniu nou la acea vreme, precum și în biologie, chimie și neurologie. O mare parte din această muncă era legată de crearea unor mașini care să învețe și să "gândească", dar o parte din ea a apărut din simpla curiozitate față de lume."

Din februarie 1931 până în noiembrie 1934, Turing a studiat la King's College, Cambridge, unde a obținut mențiune de primă clasă în matematică. Teza sa de doctorat, "On the Gaussian error function", scrisă în ultimul an de liceu și susținută în noiembrie 1934 (cu termen limită 6 decembrie) a demonstrat o versiune a teoremei limitei centrale. Aceasta a fost acceptată în cele din urmă la 16 martie 1935. În primăvara aceluiași an, Turing a început cursul de masterat (partea a III-a) - pe care l-a terminat în 1937 - și, în același timp, a publicat prima sa lucrare, un articol de o pagină intitulat "Echivalența aproape periodicității stângi și drepte".

Pe baza disertației sale, Turing a fost ales membru al King's College. S-ar părea însă că, fără ca Turing să știe, versiunea sa a teoremei fusese deja demonstrată în 1922, de Jarl Waldemar Lindeberg. În ciuda acestui fapt, comitetul a considerat metodele lui Turing originale și, prin urmare, a considerat că lucrarea merită să fie luată în considerare pentru acordarea bursei [Wikipedia].

În 1936, Alan Turing a publicat lucrarea "On Computable Numbers", considerată cea mai importantă lucrare teoretică a sa. Se spune adesea că toate computerele moderne sunt mașini Turing în hardware. Într-un articol intitulat "On Computable Numbers", Turing a introdus conceptul de calculatoare moderne și studiul matematic al numerelor care nu pot fi calculate.

În timpul primelor etape ale celui de-al Doilea Război Mondial, Turing a spart Enigma navală germană și a realizat proiectul logic al Bombei, o mașină electromecanică de descifrare a codurilor. Sute de Bombe au stat la baza atacului de tip fabrică de la Bletchley Park asupra Enigma.¹²

Mașina Enigma și creatorii săi

Arthur Scherbius, un inginer electrician german, a patentat Enigma în 1918 și a oferit-o Marinei Imperiale Germane în același an. Enigma se baza pe principiul rotoric de descifrare a literelor. Era compusă din trei rotoare, fiecare cu un diametru de aproximativ 10 cm și jumătate, cu douăzeci și șase de litere dispuse aleatoriu în jurul circumferinței sale. Existau, la rândul lor, douăzeci și șase de contacte electrice corespunzătoare chiar sub litere. Trei rotoare au fost plasate în interiorul Enigma pe o tijă de oțel. Atunci când un tasta mașinii de scris era apăsată, primul rotor se deplasa înainte cu o creștătură, schimbând circuitul în momentul în care se realiza un nou contact și aprinzând o literă pe placa cu lămpi sau pe ecran.

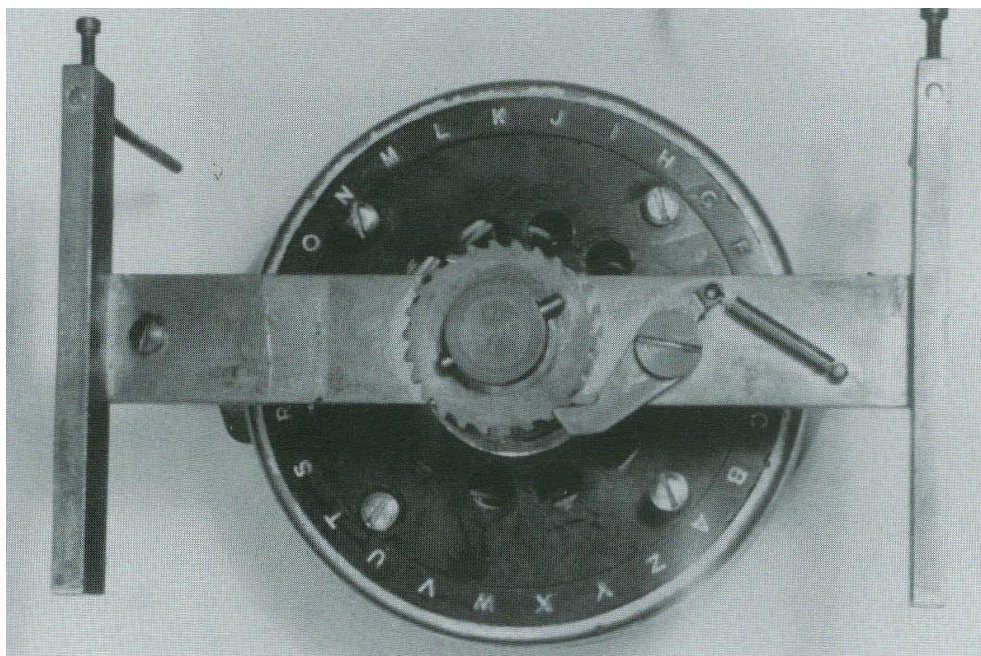


Figura 1 - Rotoarele Enigma, cu o lățime de 4 1/2 inch, aveau douăzeci și șase de litere setate aleatoriu și o conexiune la baterie pentru înlocuirea literelor în mesajul codat.

Ca exemplu, dacă rotorul era setat la litera "A" înainte de a introduce textul, textul era format numai din litera "A" introdusă în mod repetat. De dragul argumentului, tasta "A" ar putea aprinde mai întâi "H" pe tabloul cu lămpi; a doua oară, "Y", iar a treia oară, "D". Rotorul trebuia să se învârtă prin celelalte douăzeci și cinci de poziții (douăzeci și șase minus litera "A") ale roții înainte de a reveni la litera "A", care ar fi apărut ca atare. Astfel, "A" ar apărea o dată la douăzeci și șase de rotații. Adăugarea unui alt rotor care se rotea o dată ori de câte ori primul își încheia ciclul a mărit combinațiile de circuite posibile la 26×26 , adică 676 de litere. În acest caz, "A" ar apărea ca el însuși numai după ce se apasă tasta "A" de 677 de ori! Fiecare rotor nou a adăugat un factor de douăzeci și șase. "Patru rotoare produc o perioadă de 456.976 de litere; cinci rotoare, o perioadă de 11.881.376."

Modificările ulterioare au sporit invincibilitatea Enigma. Șansa ca un criptanalist inamic să descifreze mesajele era de una la miliarde. În timp ce se făceau aceste schimbări și se adapta mașina pentru a fi folosită de forțele armate germane (Luftwaffe a adoptat Enigma în 1935), alte versiuni cu diverse modificări ale Enigma au ajuns în Bletchley Park. Istoricul și fostul criptanalist de la Bletchley Park, Frances Harry Hinsley, a făcut următorul comentariu:

"Până la izbucnirea războiului, ca urmare a acestor modificări, germanii au considerat că au făcut-o sigură chiar și în caz de capturare; și într-adevăr, au transformat-o într-

un sistem de cifrare care prezenta obstacole formidabile pentru criptanalist. Instrucțiunile de aranjare și de setare a roților puteau fi schimbate la fel de des ca la fiecare 24 de ore; oricine nu cunoștea setarea se confrunta cu problema de a alege dintre o sută cincizeci de milioane, milioane, milioane de soluții."

Colossus și creatorii săi

Mașinile britanice de "bombardament" simulau funcționarea mai multor mașini de cifrat germane Enigma și permiteau serviciilor de informații britanice să afle planurile germane la timp pentru a le contracara pe uscat, pe mare și în aer. Ulterior, britanicii au folosit Colossus, un prototip al computerului modern, pentru a sparge mesajele cifrate și transmise simultan prin teleimprimatoarele Lorenz SZ42 între Hitler și generalii săi. Aceste teleimprimante erau mașini germane de cifrare cu flux rotorice dezvoltate de C. Lorenz AG din Berlin. SZ vine de la Schlüssel-Zusatz, ceea ce înseamnă atașament de cifrare.

Criptanaliștii britanici se refereau la traficul criptat al teleimprimantei germane sub numele de Fish. Aceștia au botezat mașina și traficul acesteia Tunny (care înseamnă pește ton) și i-au dedus structura logică cu trei ani înainte de a vedea o astfel de mașină.

Rapoartele de informații bazate pe spargerea cifrului german de către aceste mașini au fost denumite "Ultra intelligence." Faptul că serviciile de informații britanice spargeau în mod regulat cifrele germane a fost numit "Ultra secret". Ultra nu a devenit cunoscut publicului decât în anii 1970, când unii dintre foștii spărgători de coduri au început să scrie despre el. Mai recent, au fost publicate mii de documente ale Agenției Naționale de Securitate, odată clasificate. Aceste documente dezvăluie modul în care mașinile au fost folosite pentru a mecaniza funcțiile de bază ale funcționarilor germani de cifrare și ale spărgătorilor de coduri britanici.

Mașinile Colossus au fost folosite de britanici pentru a descifra codurile teleimprimantei Lorenz SZ42. În articolul său despre Colossus, Jack Copeland prezintă contextul acestei mașini după cum urmează:

"Colossus, computerul electronic specializat de mari dimensiuni folosit pentru descifrarea codurilor în războiul din 1939-1945 cu Germania, și-a finalizat primele teste de funcționare în decembrie 1943 (cu doi ani înainte ca primul computer american comparabil, ENIAC, să fie operațional). Din februarie 1944, criptanaliștii au folosit Colossus pentru a citi traficul german neprețuit, denumit de britanici "Tunny". Momentul exact al debarcărilor din Ziua Z din iunie 1944 s-a bazat pe informațiile furnizate de Colossus. Istoriile tradiționale îl indică pe Alan Turing drept personajul-

cheie în proiectarea lui Colossus. Cu toate acestea, istoria oficială recent declassificată a atacului de la Tunny afirmă: "Colossus a fost în întregime ideea domnului Flowers."

Tony Sale, curator al Muzeului Bletchley Park, a explicat modul în care funcționa Colossus în timpul unei conferințe susținute în 1996 la Arhivele Naționale:

"Ceea ce face Colossus, pe scurt, este să genereze fluxurile de chei - adică secvența de simboluri de pe roțile mașinii Lorenz - în mod intern în circuitele sale electronice. Acesta citește banda mesajului interceptat la 5.000 de caractere pe secundă, comparând banda textului cifrat interceptat cu aceste fluxuri de chei reprezentate intern. Apoi, făcând niște corelații încrucișate foarte sofisticate, găsește pozițiile roților de pornire pentru mesajul cifrat respectiv."

Colossus folosea douăzeci și cinci sute de valve (tuburi cu vid) pentru a genera și stoca fluxul de chei, care era apoi comparat cu banda de intrare perforată cu cinci găuri. Ieșirea sa era poziția roții folosită de operatorul Lorenz pentru un anumit mesaj. Aceste setări erau apoi folosite pe o mașină Tunny pentru a descifra mesajul.

Contribuția lui Turing în perioada postbelică

În eseuul său de referință "Computing Machinery and Intelligence" (1950), Turing a ridicat întrebarea în ce măsură este posibil, în principiu, ca o mașină de calcul să simuleze activitățile umane. În articolul său, Turing a luat în considerare problema centrală a scrierii unui program care să poată juca "jocul imitației" și a declarat că scopul programului este acela de a încerca să imite o minte umană adultă. Acest obiectiv a fost apoi modificat pentru a simula creierul unui copil prin programarea unei "mașini pentru copii".

"Îmi propun să analizez întrebarea: "Pot gândi mașinile?". Aceasta ar trebui să înceapă cu definiții ale semnificației termenilor "mașină" și "gândire". Definițiile ar putea fi formulate astfel încât să reflecte pe cât posibil utilizarea normală a cuvintelor, dar această atitudine este periculoasă, Dacă sensul cuvintelor "mașină" și "gândire" trebuie să fie găsit prin examinarea modului în care sunt utilizate în mod obișnuit, este greu de scăpat de concluzia că sensul și răspunsul la întrebarea "Pot gândi mașinile?" trebuie căutat într-un sondaj statistic, cum ar fi un sondaj Gallup.

Putem spera că, în cele din urmă, mașinile vor concura cu oamenii în toate domeniile pur intelectuale. Dar care sunt cele mai bune pentru început? Chiar și aceasta este o decizie dificilă. Mulți oameni cred că o activitate foarte abstractă, cum ar fi jocul de șah, ar fi cea mai bună. Se poate susține, de asemenea, că cel mai bine este să se doteze mașina cu cele mai bune organe de simț pe care banii le pot cumpăra, iar apoi să o învețe să înțeleagă și să vorbească limba engleză. Acest proces ar putea urma învățarea

normală a unui copil. Lucrurile ar fi arătate cu degetul și numite, etc. Din nou, nu știu care este răspunsul corect, dar cred că ar trebui încercate ambele abordări. Nu putem vedea decât o distanță scurtă în față, dar putem vedea acolo multe lucruri care trebuie făcute."''''.

Alan Turing față de armele viitorului

Pe 14 decembrie 2017, revista The Economist a publicat un articol despre roboții militari care utilizează inteligența artificială (AI). La 12 noiembrie 2017, profesorul de inteligență artificială Stuart Russel de la Universitatea din California, Berkeley, a încărcat pe YouTube un videoclip intitulat "Slaughterbots". Proiectul a fost finanțat de oameni de știință și tehnologi preocupați, printre care se numără Elon Musk, Stephen Hawking și Martin Rees, astronomul regal al Marii Britanii. Videoclipul descrie un viitor apropiat este amplasat în viitorul apropiat drone mici dotate cu sisteme de recunoaștere a feței și încărcături explozive modelate care sunt programate să caute și să ucidă persoane sau clase de persoane cunoscute (cele care poartă o anumită uniformă, de exemplu). Într-o scenă, dronele sunt prezentate colaborând între ele pentru a intra într-o clădire. Una dintre ele acționează pe post de petardă, explodând un perete pentru a le permite accesul celorlalte.

Deși videoclipul descrie o armă futuristă, laboratoarele militare de pe întreaga planetă sunt ocupate cu dezvoltarea de roboți mici și autonomi pentru a fi folosiți în războaie, atât convenționale, cât și neconvenționale.¹⁵ În America, în special, un program numit MAST (Micro Autonomous Systems and Technology), condus de Laboratorul de cercetare al armatei americane din Maryland, și-a încheiat activitatea după zece ani de succes. Cercetarea MAST a fost coordonată și plătită de un consorțiu de laboratoare consacrate, în special de la Universitatea din Maryland, Universitatea Texas A&M și Berkeley (activitatea de la Berkeley nu are legătură cu cea a doctorului Russell). Succesorul MAST, intitulat Programul Distributed and Collaborative Intelligent Systems and Technology (DCIST), care a început la începutul anului 2017, și-a intrat în drepturi.

Într-un articol din 2017, ziarul The Guardian oferă următoarea analiză:

""Deoarece mașinile cu inteligență artificială sunt relativ ieftine de fabricat, criticii se tem că armele autonome ar putea fi produse în masă și ar putea cădea în mâinile unor națiuni necinstite sau teroriști care le-ar putea folosi pentru a suprima populațiile și a face ravagii, așa cum prezintă filmul.

Un tratat care să interzică armele autonome ar împiedica fabricarea pe scară largă a acestei tehnologii. De asemenea, ar oferi un cadru pentru a supraveghea națiunile care lucrează la această tehnologie, precum și răspândirea dispozitivelor și a software-ului cu dublă utilizare, cum ar fi quadcopterele și algoritmi de recunoaștere a țintelor.

"Codurile de etică profesională ar trebui, de asemenea, să interzică dezvoltarea de mașini care pot decide să ucidă un om", a declarat Russell."

Un articol publicat de revista Popular Mechanics la 8 decembrie 2021 descrie o dronă Kargu-2 fabricată în Turcia. În martie 2020, drona a efectuat primul atac autonom asupra unor ținte umane din istorie, atacând trupele libiene fără a fi controlată de un om operator. În 2020, Ghost Robotics a prezentat o dronă patrupedă înarmată cu o pușcă (figura 2), la convenția anuală a Asociației Armatei SUA.



Figura 2 - Un robot patruped cu o pușcă cu lunetă

Astfel, este posibil ca abilitățile geniale ale lui Alan Turing de a descifra Enigma și de a scurta durata războiului să fi contribuit, de asemenea, la armele secolului XXI capabile să ucidă fără discriminare.

Concluzie - Sfârșitul tragic al lui Alan Turing

În 1952, la vârsta de 39 de ani, Alan Turing a început o relație cu un șomer de 19 ani, Arnold Murray, într-o perioadă în care homosexualii erau condamnați pentru indecență în Marea Britanie. În cadrul unui incident, Turing a raportat poliției un jaf comis la el acasă. În timpul anchetei, acesta a recunoscut relația sa sexuală cu Arnold Murray și, în consecință, a fost acuzat de "indecență gravă", în conformitate cu secțiunea 11 din Legea de modificare a dreptului penal din 1885.

Alan Turing a fost găsit mort de către menajera sa la 8 iunie 1954. O autopsie a stabilit că cauza morții sale a fost o doză fatală de cianură.

În articolul său, David Leavitt scrie:

"S-a sinucis Turing, viața sa devenind nesustenabilă din cauza hărțuirii constante din cauza homosexualității sale? Verdictul pare destul de clar în retrospectivă, dar a fost o concluzie la care s-a rezistat mulți ani, mai ales de către cei foarte apropiați, cum ar fi mama sa, încercând să găsească tot felul de raționamente pentru interpretări alternative. Oricum ar fi, moartea sa prematură nu face decât să sporească caracterul intrigant al vieții sale."

David Leavitt 22 sintetizează contribuția lui Alan Turing la umanitate, într-un stil succint și pozitiv:

"Turing este un om salvat din obscuritate în ultimele decenii, văzut ca unul dintre pionierii teoretici ai calculatorului, alături de **von Neumann**. Mai exact, susținând poziția conform căreia computerele ar trebui să fie mașini universale, făcând astfel o distincție fundamentală între hardware și software, înțelegând în special că acestea nu ar trebui să fie arhitecturate în funcție de problemele specifice, așa cum erau în mod necesar vechile mașini analogice.

Și, în cele din urmă, Turing este o figură centrală în Inteligența Artificială, făcând populară opinia că mașinile ar putea gândi, o opinie care, cel puțin, este extrem de controversată și deranjantă."

DEEP.L traducere

SAGA

Referințe

1-J. P. Bowen. Impactul lui Alan Turing: Formal Methods and Beyond. Prima publicare online: 14 aprilie 2019. Face parte din seria de cărți Lecture Notes in Computer Science (LNPSE,volum 11430)

2- Copeland, B.J.: Alan Turing: Spărgătorul de coduri care a salvat "milioane de vieți". BBC News (19 iunie 2012). <http://www.bbc.co.uk/news/technology-18419691>

3-Hinsley, F. H.; Stripp, Alan, eds. (1993), Codebreakers: The inside story of Bletchley Park (OU Press paperback ed.), Oxford: Oxford University Press, ISBN 978-0-19-280132-6

4- Lewin, Ronald (2001) [1978], Ultra merge la război (Penguin Classic Military History ed.), Londra: Penguin Group, ISBN 978-0-14-139042-0

5-Alan Turing: Enigma: Cartea care a inspirat filmul The Imitation Game - Ediție actualizată. by Andrew Hodges and Douglas Hofstadter | Nov 10, 2014.

6-Favell Lee Mortimer. 1866. Lectura fără lacrimi sau, Un mod plăcut de a învăța să citești.

7 -Citat în EST dintr-o scrisoare scrisă doamnei Turing după moartea lui AMT.

8- Minuni naturale pe care orice copil ar trebui să le cunoască, de Edwin Tenney Brewster. Brewster, Edwin Tenney, 1866-1960. New York, Doubleday, Doran & Co, Inc. [c1939] <http://hdl.handle.net/2027/coo.31924001126055>

9-<https://www.pbs.org/newshour/science/8-things-didnt-know-alan-turing>

10-Din Wikipedia, enciclopedia liberă: În teoria probabilităților, teorema limitei centrale (CLT) afirmă că, în condiții adecvate, distribuția unei versiuni normalizate a mediei eșantionului converge către o distribuție normală standard. Acest lucru este valabil chiar dacă variabilele originale nu sunt ele însele distribuite normal. Există mai multe versiuni ale CLT, fiecare aplicându-se în contextul unor condiții diferite. Teorema este un concept-cheie în teoria probabilităților, deoarece implică faptul că metodele probabilistice și statistice care funcționează pentru distribuțiile normale pot fi aplicabile la multe probleme care implică alte tipuri de distribuții.

11-"AMT-B-10 | Arhiva digitală Turing". (<https://turingarchive.kings.cam.ac.uk/publications-lectures-and-talks-amtb/amt-b-10>)

12- A. M. Turing. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. Prima publicare: 1937. <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>. Societatea Matematică din Londra

13-David Kahn, Seizing the Enigma: The Race to Break the German U-Boat Codes, 1939-1943 (1991), pp. 32-33.

14-F. H. Hinsley, et. al., British Intelligence in the Second World War': Its Influence on Strategy and Operations, vol. 1 (1979), p. 487.

15- B. Jack Copeland. Collosus: Originile și creatorii săi. IEEE Annals of the History of Computing. Publicat de IEEE Computer Society 1058-6180/04/\$20.00 © 2004 IEEE

16-Tony Sale, citat în John Cornwell, "Secretul care i-a învins pe naziști". The Sunday Times Magazine (12 mai 1996), p. 41.

17-Turing, A.M. 1950. Mașini de calcul și inteligență. Mind, 59, 433-460.

18-The Economist. Știință și tehnologie/Robotică miniaturală. 14 decembrie 2017. Roboții militari devin din ce în ce mai mici și mai capabili.

<https://www.economist.com/science-and-technology/2017/12/14/military-robots-are-getting-smaller-and-more-capable>

19- The Guardian. Science. Interzicerea roboților ucigași este necesară de urgență, spun oamenii de știință. 13 noiembrie 2017.

<https://www.theguardian.com/science/2017/nov/13/ban-on-killer-robots-urgently-needed-say-scientists>

20-Popular Mechanics, 15 octombrie 2021. Ei bine, acum avem robo-câini cu puști de lunetist. <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a37939706/us-army-robot-dog-ghost-robotics-vision-60/>

21- Hodges, Andrew (2012). Alan Turing: The Enigma. Princeton University Press. p. 471. ISBN 978-0-691-15564-7.

22-Leavitt, David (2007). The man who knew too much (Omul care știa prea multe): Alan Turing and the invention of the computer (Alan Turing and the invention of the computer). Phoenix. ISBN 978-0-7538-2200-5.

