

The Imitation Game

Alan Turing: l'uomo dietro all'informatica moderna e all'intelligenza artificiale



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

“Dalla macchina di Turing al Turing test, passando per Enigma e la ‘Bomba’ inglese”

Indice

Introduzione e cenni storico-biografici.....	3
La vita e la formazione.....	4
La macchina di Turing.....	5
Seconda guerra mondiale: Enigma e la “Bomba”.....	7
Il test di Turing.....	7
Conclusione: l’eredità di Alan Turing.....	8
Bibliografia.....	10

Introduzione e cenni storico-biografici

Nonostante il campo dell'informatica sia ormai un punto di riferimento **globalmente** riconosciuto, non capita spesso che un esponente di tale settore ricopra un ruolo di spicco nella **cultura di massa**. Ebbene, il matematico e informatico Alan **Turing** è stato oggetto di ben tre adattamenti, il primo dei quali risale alla fine degli anni '90, quando uscì il film per la televisione "**Breaking the Code**". Per l'occasione, il "padre" dell'informatica moderna è stato interpretato da un attore del calibro di Derek **Jacobi** (Il gladiatore, Il discorso del re). La figura di Derek Jacobi è legata a doppio filo a quella di Alan Turing, non soltanto per il suo ruolo attivo come interprete nel film di cui sopra, ma anche per il suo orientamento **omosessuale**.

Sia Jacobi che Turing hanno dovuto affrontare i **pregiudizi** di una società le cui idee erano profondamente radicate in schemi tradizionali rigidi e opprimenti. Nonostante l'impegno profuso per il suo Paese, Alan **Turing** ha subito discriminazioni a causa della sua inclinazione sessuale. Nel 1952, difatti, fu condannato per atti omosessuali (una "pratica" ritenuta illegale e perseguita penalmente nel **Regno Unito**). Turing si trovò di fronte a un bivio: scontare due anni di carcere o sottoporsi alla castrazione chimica; lo scienziato accettò il **trattamento ormonale** come alternativa alla prigionia. Dopo due anni di isolamento sociale, il 7 giugno 1954, Alan Turing morì all'età di 41 anni nella sua casa al 43 di Adlington Road, Wilmslow.



Nel 1967, 13 anni dopo la morte di Turing, c'è stata un'apertura nei confronti della **comunità LGBT** da parte del Regno Unito, che, tramite il Sexual Offences Act, ha decriminalizzato gli atti omosessuali. Di conseguenza, sviscerare una figura come Alan **Turing** nel 2025 risulta ancor più stimolante, considerando quanto la società, a 360°, stia lottando affinché lo sguardo rivolto a ciascun individuo possa finalmente considerarsi **paritetico**.

Tornando al ruolo di Turing nella cultura di massa, nel 2001 è uscito lo spy-thriller “**Enigma**”, seguito nel 2014 dal film cult “**The Imitation Game**”, con Benedict **Cumberbatch** nei panni dello scienziato britannico.

“The Imitation Game è un raro esempio di film storico accuratamente ricostruito... restituisce i personaggi, il contesto, e anche quel clima di ansiosa aspettativa, quasi di tragedia, che caratterizzò la lotta disperata dei decrittatori durante la Seconda guerra mondiale”, ha dichiarato Marco **Mondini**, docente di storia contemporanea, in una recente intervista organizzata dall’Università di Padova.

Nel 2019, gli spettatori della **BBC** hanno eletto Alan Turing come l’**icona** più influente del XX secolo. Pertanto, osservare e analizzare il modo in cui il cinema, negli ultimi vent’anni, abbia dialogato con la figura di Turing, costituisce un primo passo essenziale nel percorso di inquadramento e contestualizzazione storico-biografica di Alan **Turing**.



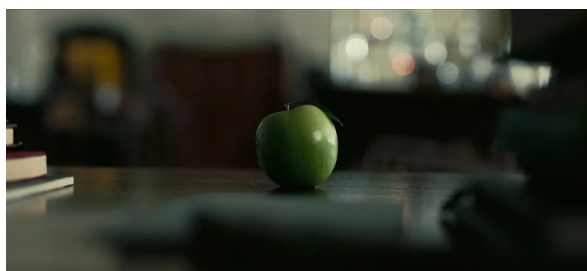
La vita e la formazione

Nato a Londra il 23 giugno 1912, Alan Mathison **Turing** è stato uno dei padri fondatori della moderna concezione di **scienza informatica**, di algoritmo e di intelligenza artificiale. Il suo talento fu riconosciuto sin dal primo ciclo scolastico, che Turing seguì presso il **St. Michael**. In seguito, Turing frequentò la Hazelhurst Preparatory School e la **Sherborne** School, dove ebbe difficoltà a entrare in sintonia con la visione dei professori, orientata verso le materie classiche. Nel 1931 iniziò un nuovo percorso al **King’s College** dell’Università di **Cambridge**. Fu una parentesi importante, che gli permise di approfondire gli studi sulla meccanica quantistica e la **teoria della probabilità**. Conseguì la laurea con lode nel 1934, per poi trasferirsi nel 1936 alla **Princeton University**, dove ottenne un dottorato di ricerca in logica matematica sotto la guida di Alonzo **Church**.

Durante la **Seconda guerra mondiale**, mentre J. Robert **Oppenheimer** contribuiva allo sviluppo della **bomba atomica**, come direttore del progetto Manhattan per conto degli Stati Uniti, Alan

Turing collaborava con il governo britannico per **decriptare** il sistema **Enigma**. I **parallelismi** tra questi due uomini di scienza si sprecano. Entrambi, infatti, hanno svolto il loro lavoro con dedizione, anche di fronte a dilemmi etici e morali, salvo poi essere vittime di un processo di svalutazione attuato dai rispettivi governi. **Oppenheimer**, dinanzi agli effetti catastrofici dell'arma nucleare, si rifiutò di avvallare la costruzione della bomba all'idrogeno. Iniziò così una vera e propria "caccia al comunista", che culminò con la revoca della licenza a Oppenheimer. Ad Alan **Turing**, invece, fu imposto il silenzio, impedendogli di ricevere i riconoscimenti che meritava ("mezzo secolo di progresso tecnologico", come sottolinea Andrew **Hodges** in **Alan Turing. Storia di un enigma**). Secondo alcune stime, il suo lavoro salvò **milioni di vite**. Nel 1952 fu condannato alla castrazione chimica per omosessualità e due anni dopo morì suicida.

Oppenheimer e **Turing** sono due figure che il cinema ha contribuito a plasmare nell'immaginario collettivo. Come già citato in precedenza, "**The Imitation Game**" ha fotografato e cristallizzato l'immagine di Alan Turing nella contemporaneità. D'altra parte, il film diretto da Christopher **Nolan** ha rievocato una figura dimenticata della storia americana e ha riportato alla luce un tragico parallelismo tra **Oppenheimer** e **Turing**. In una scena del film, Oppenheimer lascia sulla scrivania del suo professore universitario, Patrick Blackett, una mela "avvelenata". La stessa mela, mezza mangiata, che fu rinvenuta accanto al corpo di Alan Turing, morto per avvelenamento da cianuro.



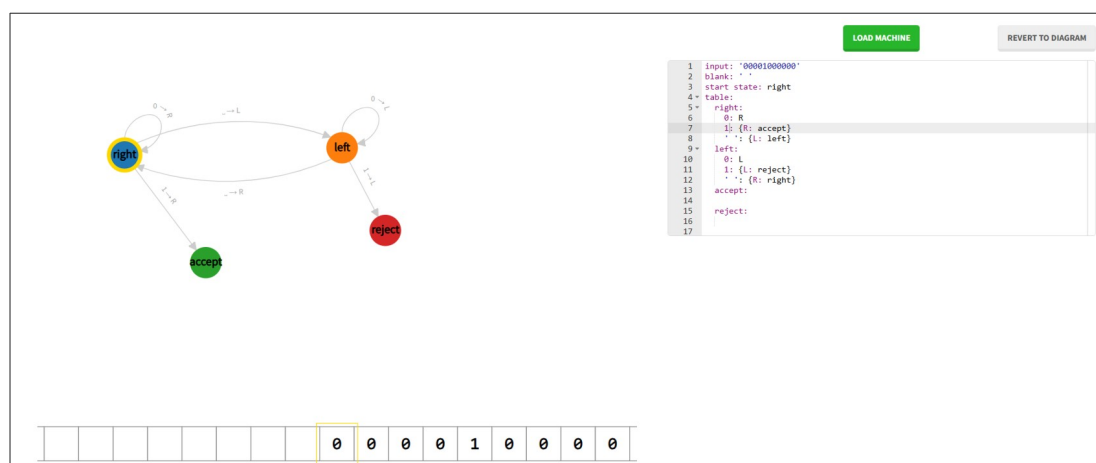
La macchina di Turing

Tra il 1935 e il 1936, le ricerche di Alan **Turing** sui fondamenti della matematica lo misero di fronte alla sfida affascinante lanciata nel 1928 dagli scienziati tedeschi David **Hilbert** e Wilhelm **Ackermann**, nota come l'Entscheidungsproblem (problema decisionale). La comunità scientifica intendeva rispondere al seguente interrogativo: "Esiste una **procedura meccanica**, eseguibile passo dopo passo, in grado di stabilire, data una qualsiasi affermazione matematica, se questa è vera o falsa?". La soluzione poteva essere definita sia in termini di **validità** sia di **deducibilità** (ovvero se l'affermazione è derivabile nel sistema formale in cui è espressa), due parametri ritenuti equivalenti dal fondamentale **teorema di completezza** di Gödel. Una prima risposta negativa al **problema decisionale** giunse proprio dal matematico austriaco Kurt **Gödel**.

Nel 1931, infatti, **Gödel** pubblicò i **teoremi di incompletezza**, che evidenziarono i limiti dei sistemi formali complessi. In particolare, Gödel attestò che in ogni sistema formale sufficientemente espressivo, esiste una **proposizione vera** che non può essere dimostrata. Questi risultati spinsero

Alan Turing ad approfondire l'**aspetto computazionale** del problema decisionale, integrando il lavoro di **Gödel** con una definizione rigorosa di “procedura meccanica”. Nel 1936 **Church** e **Turing** pubblicarono rispettivamente “An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory” e “On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem”, che fornirono un’ulteriore – e categorica – risposta negativa al problema di **Hilbert** e **Ackermann**.

Immaginando un essere umano che lavora a memoria, Alan **Turing** descrisse la “**macchina di Turing**” (così chiamata da Alonzo Church in una sua recensione), un modello che rappresenta una macchina composta da un **nastro infinito** e da una **testina di lettura-scrittura**. Il nastro è diviso in **celle**, ciascuna delle quali può contenere un simbolo o uno spazio vuoto, e può spostarsi in qualsiasi direzione, mentre la testina rimane **fissa**. La macchina attraversa un numero finito di “stati”. In ogni istante, le operazioni da eseguire (una scrittura, un cambio di stato, uno spostamento a destra/sinistra) sono determinate da una **tabella di transizioni**, che associa un’istruzione alla coppia formata dallo stato corrente e dal simbolo presente sul nastro.

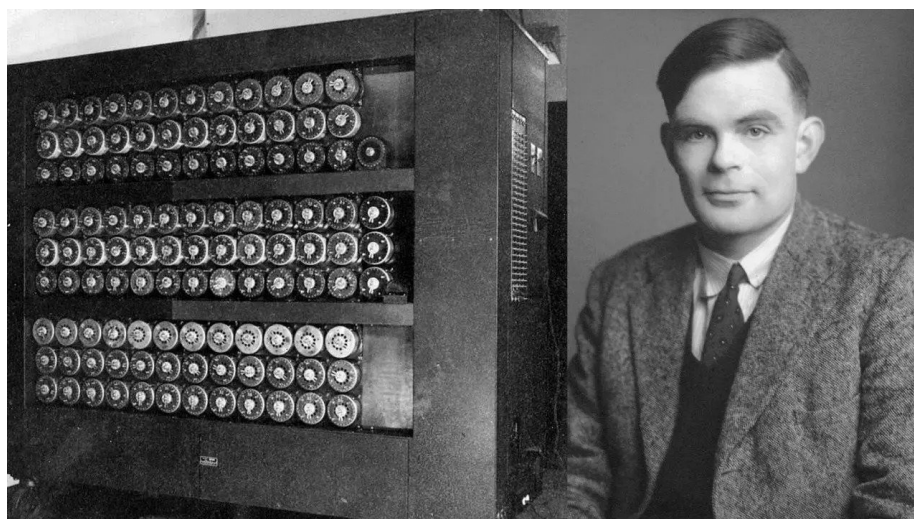


Alan **Turing** ha anticipato il funzionamento dei computer moderni, realizzando uno degli articoli più autorevoli nella storia dell’informatica. Una delle intuizioni dell’articolo fu l’introduzione della **macchina di Turing universale**, con la quale Turing dimostrò l’indecidibilità del problema decisionale e dell’arresto. La macchina di Turing universale, di fatto, ricorda un **computer programmabile**. Il nastro, in questo caso, memorizza due informazioni: la descrizione della **macchina da simulare** e l’input associato a essa; la macchina di Turing universale esegue il programma, elabora l’input e genera l’output atteso.

Turing teorizzò che, se un problema non è risolvibile dalla macchina di Turing universale, allora non è umanamente calcolabile in un numero finito di passi, poiché la macchina di Turing universale è in grado di fornire una soluzione a tutti i problemi **computabili**. Nello stesso anno, **Church** risolse il problema di Hilbert e Ackermann tramite un metodo chiamato “lambda-calcolo”, che Turing dimostrò essere equivalente al suo, evidenziando come ogni funzione definibile tramite **lambda** fosse calcolabile dalla macchina di Turing universale e viceversa. La **tesi di Church-Turing** ha posto un limite fondamentale alla potenza di calcolo.

Seconda guerra mondiale: Enigma e la “Bomba”

Forte dei suoi studi alla Princeton University, nel 1938 Alan Turing si unì alla **Government Code and Cypher School**, la cui sede operativa durante la Seconda guerra mondiale era ubicata a **Bletchley Park**. All’indomani dell’entrata in guerra della **Gran Bretagna**, Turing e un gruppo di crittografi lavorarono per decifrare i messaggi criptati da **Enigma**, il principale strumento impiegato dalla marina tedesca per comunicare in sicurezza. Entro il 1940, la squadra di Alan Turing aveva già progettato una **macchina elettromeccanica** per la decrittazione dei codici, la cosiddetta “Bomba” inglese. Si trattava di una rivisitazione del modello ideato nel 1938 da un team polacco guidato da Marian **Rejewski**, che perse di efficacia in seguito a un cambiamento delle procedure operato dai tedeschi. Nonostante gli sforzi degli ingegneri tedeschi per rendere sempre più complessa la **cifratura**, mediante permutazioni dell’alfabeto che cambiavano a ogni iterazione, i metodi di Alan Turing permisero agli **Alleati** di intercettare informazioni altamente confidenziali e decisive per l’esito della guerra.



Il test di Turing

Dopo aver affrontato le difficoltà del dopoguerra, nel 1950 Alan Turing scrisse per la rivista *Mind* un articolo seminale sui cui poggiano le fondamenta di buona parte degli studi in materia di **intelligenza artificiale**. Il titolo dell’articolo è “Macchine calcolatrici e intelligenza” (Computing Machinery and Intelligence), al cui interno Turing esplica il procedimento successivamente noto come il **test di Turing**. L’idea alla base dell’articolo richiama il titolo del film del 2014, “**The Imitation Game**”. Alan Turing propone infatti un quesito: “Possono le macchine replicare il cervello e imitare il comportamento umano?”.

L’obiettivo di Alan **Turing** era quello di riformulare il problema “Le macchine possono pensare?” evitando di ricercare il significato delle parole “macchina” e “pensare” nel loro uso comune, ma, piuttosto, descrivendo il problema in termini di un **gioco di società**, ovvero il “gioco dell’imitazione” (The Imitation Game). Il gioco prevede tre soggetti: un **uomo** (A), una **donna** (B)

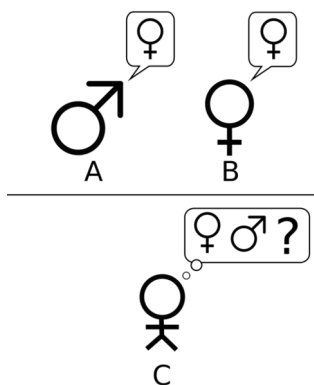
e un **interrogatore** (C), indipendente dal sesso. L'interrogatore, collocato in una stanza separata, deve determinare (tramite un meccanismo scritto di domande/risposte o affidandosi a un intermediario) chi è l'uomo e chi è la donna.

“C: X potrebbe dirmi, per favore, la lunghezza dei suoi capelli?”, un esempio di domanda dell'interrogatore, tratto da **A. M. Turing (1950) Computing Machinery and Intelligence. Mind 49: 433-460**.

Il risultato del gioco deve essere “X è A e Y è B” oppure “X è B e Y è A”. Se C sta interrogando A, quest'ultimo deve cercare di ingannare C, facendogli credere di essere una donna, mentre B deve aiutarlo, provando a farsi identificare correttamente.

“I miei capelli sono pettinati e le ciocche più lunghe sono di circa nove pollici”, un esempio di risposta di A, tratto da **A. M. Turing (1950) Computing Machinery and Intelligence. Mind 49: 433-460**.

Lo stesso gioco può essere ripetuto sostituendo ad A una **macchina**. Una volta eseguita una batteria di test, se la frequenza con cui C sbaglia rimane pressoché invariata prima e dopo la sostituzione, allora la macchina può essere considerata **intelligente**, o “pensante”. L'obiettivo della macchina è quello di replicare il **comportamento umano**, ossia riuscire a trarre in inganno l'interrogatore come farebbe un uomo.



Il test di Turing ha avuto un impatto significativo sulla **filosofia** e l'**etica** dell'intelligenza artificiale, generando dibattiti, critiche, confutazioni e discussioni (anche sul grande schermo, basti pensare a **“Blade Runner”** di Ridley Scott). Da quest'unione di pensieri contrastanti e, talvolta, controversi hanno avuto origine versioni alternative del test originale, ad esempio la stanza cinese del filosofo John **Searle** del 1980. I più famosi LLM (Large Language Model), come **ChatGPT** o **Gemini**, hanno superato varianti moderne del test di Turing.

Conclusione: l'eredità di Alan Turing

Nonostante il contributo essenziale di Alan **Turing** all'evoluzione della scienza informatica, è la sua attività di ricerca sull'**intelligenza artificiale** ad aver stimolato le riflessioni dei più importanti matematici, logici e filosofi, rivoluzionando il rapporto tra i computer e la natura umana. Come riportato nel libro **L'eredità di Alan Turing. 50 anni di intelligenza artificiale**, Turing profetizzò,

prima di morire, che entro cinquant'anni le macchine sarebbero state in grado di sostituire gli uomini nella maggior parte delle attività intellettuali.

"Se una macchina può pensare, potrebbe pensare in modo più intelligente di noi, e allora dove dovremmo essere?", Alan Turing (The Turing Archive)

Con l'evoluzione esponenziale dei modelli di **apprendimento automatico**, le previsioni di Alan Turing non sembrano più così utopiche, come dimostra, ad esempio, il cinema contemporaneo recente (basti pensare a **"Here"** di Robert Zemeckis), dove gli attori vengono ringiovaniti utilizzando modelli capaci di sostituire gli artisti degli effetti visivi, il cui lavoro si basa proprio su fondamenti di matematica e informatica.

Bibliografia

Di seguito sono riportati gli spunti di partenza dell'elaborato:

- Alan Turing: una breve biografia (di Andrew **Hodges**);
- Alan Turing. Storia di un enigma (di Andrew **Hodges**);
- Computing Machinery and Intelligence (di **A. M. Turing**);
- On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem (di **A. M. Turing**);
- L'eredità di Alan Turing. 50 anni di intelligenza artificiale (di **Massimiliano Lorenzo Cappuccio**);
- The Turing Archive (gestito da Andrew **Hodges**).