

ACrO-Pòlis, Testi 5

L'algoritmo incarnato

*A chi non c'è più,
vivo anche per voi..*

L'algoritmo incarnato

*Genealogia delle macchine e genesi delle
soggettività biotiche*

Matteo Spagnuolo

acro-pòlis • Testi

Trieste, 2026

acro-pòlis • Testi

è una collana di *libri su carta* del quotidiano digitale di idee
ACrO-Pòlis, Analisi, Critica, Opinioni.

Direttore editoriale: Asterios Delithanassis.

- Prima edizione Novembre 2026

- © M. Spagnuolo, 2026

- © ACrO-Pòlis srl, Trieste 2026

- posta: redazione@acro-polis.it

- ISBN: 9791281581234

<https://www.acro-polis.it>

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI NOVEMBRE 2026 DA PRINTBEE - NOVENTA PADOVANA.

Indice

CAPITOLO PRIMO

L'addomesticamento del Reale

1. *La delega del fare: la tecnologia come ottimizzazione dell'umano*, 11
2. *La codifica della materia e il de-centramento del soggetto*, 23
3. *Verso l'analogia macchina/cervello*, 35

CAPITOLO SECONDO

Processi sequenziali automatici

1. *Verso una teoria dell'automatica: dalla fisicità al processo*, 43
2. *I pedagoghi delle macchine: imparare dall'esperienza*, 57
3. *La rivincita dell'ente:*
il Processo come costruttore di realtà, 75

CAPITOLO TERZO

Realtà, alterità e soggettività

1. *La decostruzione del Soggetto:*
Alterità, Realtà e il crollo dell'ontologia, 89
2. *Oltre il virtuale:*
le nuove fenomenologie della realtà, 125
3. *Oltre lo strumento:*
l'Altro artificiale e la coevoluzione agentiva, 137
4. *Specie biotiche: l'evoluzione della robotica e la nascita di nuove soggettività*, 150

Bibliografia, 174

CAPITOLO I

L'addomesticamento del Reale

1. La delega del fare: la tecnologia come ottimizzazione dell'umano

Ormai è sotto gli occhi di tutti, ci siamo dentro fino al collo e non potremmo mai più uscirne, l'intelligenza artificiale e il mondo digitale tout court ormai rappresentano un obbligo, essi sono diventati ciò che ci costituisce. Si tratta davvero di tecnologie che stanno cambiando, ormai da più di vent'anni, ogni settore e struttura dell'abitare umano, dalle fabbriche ai supermercati, dalla casa alla stazione spaziale, fino a raggiungere il pianeta rosso del nostro sistema solare.

Gli algoritmi intelligenti, presenti quasi in ogni apparecchio digitale, vivono al nostro fianco e rivestono un'importanza fondamentale nella nostra quotidianità, ricoprono un ruolo talmente vasto, per quanto celato, che è impossibile farne a meno. Tutto questo, però, non è iniziato ieri.

La società, l'immagine che abbiamo di essa, la visuale che abbiamo del mondo che abitiamo, non si forma e non cambia senza l'intervento e l'azione di svariati protagonisti, il modo di vedere e pensare non si forma e non cambia senza l'entrata in scena di nuove idee.

Specifici motivi e specifiche idee che l'umano ha sentito ed elaborato hanno portato a far sì che tutto questo si realizzasse.

Ed è proprio per questi motivi che i primi interrogativi, al quale questo lavoro vorrà rispondere, riguardano il come, il quando e il perché si è arrivati a vivere all'interno di questa nuova società algoritmizzata e algoritmica.

La ricerca in IA, negli anni cinquanta del secolo scorso, aveva già diverse carte in regola per riuscire a convogliare gli investimenti dei grandi privati che potessero permettere di spingere alcune idee e intuizioni in direzioni promettenti.

Con un finanziamento ricevuto dalla Rockefeller Foundation di 13, 500 dollari l'obiettivo degli studiosi, ritrovatisi a Dartmouth nel 1956, era quello di riunire:

10 persone che per 2 mesi svolgano una ricerca sull'intelligenza

artificiale [...]. Lo studio procederà sulla base della congettura per cui, in linea di principio, ogni aspetto dell'apprendimento o una qualsiasi altra caratteristica dell'intelligenza possano essere descritte così precisamente da poter costruire una macchina che le simuli. Si tenterà di capire come le macchine possano utilizzare il linguaggio, formare astrazioni e concetti, risolvere tipi di problemi riservati per ora solo agli esseri umani e migliorare se stesse (McCarthy, et. al., 1955, p. 1; corsivo mio).

Queste affermazioni, risalenti al 1956, possono essere già interpretate in un certo modo e volutamente ho messo in corsivo alcuni termini che esprimono una specifica volontà realizzatrice che, curiosamente, si ritrova sia nel mondo antico che nel nostro presente. Le nozioni presenti nel pamphlet sono eredi di una certa tradizione di pensiero, quella matematica soprattutto, convinta che nella descrizione accurata dei processi strutturanti il complesso dell'esistere risieda la chiave di volta per replicare quest'ultimi in laboratorio e crearli ex novo. Si vedrà, in effetti, che sarà proprio un'attenta descrizione del funzionamento di certe caratteristiche biologiche dell'umano e dell'animale a fare in modo che, grazie ad una moltitudine di studiosi, certe idee possano realizzarsi.

Descrivere accuratamente, quindi, determinati fenomeni per fare in modo che specifiche macchine riescano ad apprendere e ad utilizzare determinate qualità caratteristiche, all'epoca, solo dell'umano e degli animali.

Prima di arrivare, però, ad analizzare le ricerche contemporanee e giungere, più ingaggiati concettualmente, alle idee presentate al Convegno di Dartmouth è bene ripercorrere alcune tappe importanti, da questo punto di vista, della storia della nostra specie.

Se, infatti, negli anni cinquanta del secolo scorso si ebbero le prime serie teorizzazioni che testimoniano la volontà di creare macchine capaci di comportarsi come gli esseri viventi, bisogna far risalire almeno al VI secolo a. C. l'aver immaginato che qualcosa del genere potesse esistere. È nell'Iliade che Omero ci racconta di come Efesto fabbricasse oggetti automatici, egli aveva diversi tripodi capaci di stare "in piedi lungo le mura del livellato salone, ed alla base di ognuno metteva rotelle d'oro, perché da soli potessero andare al concilio divino e poi fare ritorno

nella sua casa, meraviglia a vedersi” (Cerri, 2020, p. 977). Oppure, nelle Argonautiche, Apollonio Rodio racconta di come Talos, gigante (robotico) di bronzo, incutesse paura agli argonauti perché capace di sferrare massi di notevoli dimensioni nella loro direzione. Questi riferimenti hanno in comune, com'è stato evidenziato da Pugliare, la caratteristica di descrivere entità dotate di una “sorta di animazione artificiale” (Pugliare, 2003, p. 86) destinate ad occupare ruoli subordinati.

Insomma, ad emergere è il meccanismo della delegazione e dell'ottimizzazione che, anche a partire da esempi reali, contraddistingue il fare dell'umano: tripodi che trasportano doni, Talos come guardia, lance, archi e catapulte come attacco, aratro, dighe, abitazioni, ecc. Tutto il complesso apparato della tecnologia umana, a partire dalla scheggia di pietra per arrivare alla bomba atomica, è indirizzato allo svolgere determinati compiti in maniera non totalmente diretta, in maniera tale da ottimizzare il più possibile il risultato sperato.

L'umano, d'altronde, prendendo in considerazione i fattori di interesse per raggiungere un determinato scopo e riuscire a crearsi un primo habitat sicuro, non ha potuto non calcolare le circostanze avverse del mondo esterno. Il processo di umanizzazione, compiuto attraverso la presa in calcolo del mondo esterno, ha previsto e prevede il farsi carico dell'esterno per comprenderlo, farlo proprio, un addomesticamento della realtà compiuto attraverso il continuo calcolare e prevedere tutto il possibile. Un processo di calcolarizzazione dell'esterno, continuamente diverso, che ha fatto assumere alla realtà un determinato calco-immagine di volta in volta calcolabile, prevedibile, e alla portata dell'umano il quale, per esigenze di ordine pratico, ha iniziato a calcolarizzare, matematizzare l'informe circostante per far sì che i propri scopi fossero più facilmente raggiungibili. Scopi quotidiani come conteggio e divisione di cibo, separazione di confini, divisione delle terre, scambi commerciali, ecc., e se inizialmente l'umano, per attuare queste azioni, fece ricorso esclusivamente alla conoscenza trasmessa oralmente e conservata nella memoria, da un certo momento in poi iniziò a trascrivere questa forma di sapere, indispensabile all'addomesticazione di porzioni di realtà, tramite l'uso di supporti esterni.

È ai Sumeri che viene fatto risalire, generalmente, il metodo matematizzante ovvero la capacità di eseguire le prime opera-

zioni complesse di calcolo, le prime riduzioni dell'informe caotico a realtà-mondo matematizzabile e in questo caso il supporto esterno privilegiato, l'artefatto in questione, fu il papiro. Pareti di caverne, tavolette di cera, vasi e papiri, supporti esterni con cui l'umano è riuscito lentamente ad immagazzinare sempre più informazioni sul come agire in determinati casi per raggiungere i propri obiettivi, fino ad arrivare, ad esempio, al caso di Archimede che intorno al 150 a. C. circa avrebbe addirittura costruito una sorta di planetario per calcolare il moto del sole e della luna intorno alla Terra (Laura, 2021, p. 31; si veda anche Casalegno, 2009, pp. 25-28).

Modi di prevedere il reale informe passati da una prima fase di semplice calcolarizzazione e matematizzazione dei fenomeni attraverso la quale, riducendo i molteplici dati esterni in poche righe di calcolo, si è riuscito a creare delle risposte fisse, standardizzate, che permettessero di risolvere specifici problemi e scopi in modo più semplice, ad una seconda fase (planetari, abachi, ecc.,) in cui il meccanismo, al pari delle espressioni matematiche, matematizzasse gli eventi incasellandoli in formule matematiche permettendo un calcolo ulteriormente preciso e una ottimizzazione del tutto, restituendo in questo modo un surplus di sicurezza attraverso una sempre più decifrazione matematizzante degli eventi.

Questa operazione verrà esposta in modo sistematico a partire dagli Elementi di Euclide, ma abbiamo anche altri testi molto rappresentativi di autori indiani, cinesi e islamici.

Ciononostante è il testo dell'autore medievale Al-Khuwarizmi, scritto nel 825 d.C., intitolato *Algoritmi de Numero Indorum* (Per una descrizione accurata del contenuto è bene vedere l'articolo di Knuth, 1980) a rappresentare una novità, esso oltre a contenere studi sull'algebra (dall'arabo al-jabr, che significa ripristinare-completare) rappresenta una summa del materiale matematico precedente di tradizione greca, indiana e siarico-mesopotamico. Arrivato in Europa nel 1145, grazie ai matematici Roberto di Chester e Gerardo da Cremona, aveva lo scopo di fornire gli elementi matematici "più facili e utili" per la vita quotidiana.

Al-Khuwarizmi "scoprì che i complicati trucchi geometrici usati in precedenza nella matematica babilonese e greca potevano essere sostituiti da metodi più semplici e sistematici che

si basavano solo su manipolazioni algebriche” (Knuth, 1980, p. 7), in questo modo le varie operazioni matematiche divennero accessibili ad un pubblico più ampio. È sintomatico il metodo matematico sviluppato dall'autore arabo, esso era basato su due operazioni: al-jabr (completamento) e al-muqābala (bilanciamento-semplificazione). Quest'ultime permettevano, entro i limiti dati, la soluzione di un qualsiasi problema algebrico in quanto i problemi venivano ricondotti ad un numero limitato di variabili riducibili ad equazioni di secondo grado.

Tralasciando i tecnicismi, ciò che va messo in evidenza è la base teorica dei procedimenti matematici di Al-Khuwarizmi (battezzati da lui algosismi), essi rappresentano il piano zero, per così dire, a partire dal quale le varie strutture matematiche inizieranno a prendere forma. Il procedimento matematico si può sintetizzare come segue: traduzione del problema in una equazione algebrica, riconduzione dell'equazione ad uno dei casi noti e applicazione dell'algoritmo, inteso come procedimento-metodo di risoluzione dell'incognita, per arrivare alla conclusione.

Si può vedere abbastanza chiaramente Al-Khuwarizmi e la sua opera come una figura che condensa e cristallizza un po' le conoscenze matematiche passate, facendo assumere a quest'ultime un ruolo di primo piano nella vita quotidiana, mettendo in risalto ulteriormente il potere che la matematica e con essa la geometria, costituivano per il regolamento di prassi quotidiane attraverso la soluzione di determinati problemi, processo il quale fece diventare davvero l'algebra o, meglio ancora, l'algoritmica “la regola o l'arte della cosa” (Ivi, p. 10).

Già a quest'altezza si può affermare semplicisticamente che il metodo algoritmico è diventato la base stessa della matematica, più propriamente, esso è il metodo che la matematica tout court usa per procedere nei suoi problemi, è uno dei metodi per attuare la sistematizzazione dell'informe esterno, per dare forma e significato alla caotica realtà esterna.

Sarà anche l'opera *Liber Abaci* di Leonardo Pisano (Fibonacci), risalente al 1202, a fare in modo che il testo di Al-Khuwarizmi si diffondesse maggiormente in Europa. Nel *Liber Abaci*, ovvero “Libro dell'Abaco, inteso come calcolo [...] Fibonacci non si limita a una semplice traduzione dell'opera di Al-Khuwarizmi ma, [...] integra la conoscenza matematica indiana

e araba, ottenuta leggendo le opere di Al-Khuwarizmi, con la matematica euclidea. Il risultato è un testo di importanza fondamentale. [esso] È stato il principale artefice della diffusione delle conoscenze dell'algebra e dell'aritmetica moderne: da Pisa ha raggiunto la Toscana, e in particolare Firenze" (Laura, 2021, p. 14), per proseguire il suo cammino lungo tutta l'Italia e, giunto a Venezia, ha iniziato a viaggiare per l'Europa.

Fin qui si è visto come il metodo algoritmico, inventato/scoperto dalle antiche civiltà, abbia fatto molta strada fino a raggiungere nell'opera di diversi autori medievali una sistematizzazione tale da renderlo più maneggiabile e attuabile nei più disparati contesti sociali. Si può affermare, quindi, che alle soglie del 1200 l'umano avesse a disposizione, oltre a quello discorsivo-concettuale, un altro tipo di linguaggio performativo e sistematizzante, atto ad una forma di manipolazione del reale riduzionistica e semplificatrice.

A questo punto del discorso credo si possa affermare che sia stato con l'avvento e con la cristallizzazione di questo modo di guardare al reale, dell'avvento di questa specifica immagine del mondo, proveniente dalla costruzione del linguaggio algoritmico e matematizzabile, a permettere la creazione delle neonate macchine calcolatrici.

Questa nuova immagine del mondo, per dirla con il filosofo italiano Giuseppe Lissa,

fu espressa per la prima volta nella quinta decade del sedicesimo secolo quando apparvero il *De revolutionibus orbium coelestium* di Copernico e il trattato di anatomia di Vesalio, *De umani corporis fabbrica*, cui tennero dietro il trattato sull'algebra di Cardano nel 1545, *Ars Magna*, e la teoria sui germi delle malattie contagiose di Francastoro, *De contagione et contagiosis morbis*, nel 1546. In questo decennio furono gettate le basi per l'affermazione della nuova concezione del mondo che poi fu perfezionata da Keplero, Galileo, Cartesio, Newton (Lissa, 2011, p. 16).

Ed è proprio all'interno di questo filone di testi innovativi che si collocano le figure di Nepero e di Schickard, i quali porteranno notevoli contributi alla costruzione delle prime macchine calcolatrici che rafforzeranno ulteriormente il nascente paradigma algoritmico. Nepero, come molti altri matematici dell'epoca, era interessato a creare metodi algebrici per

velocizzare le moltiplicazioni tra numeri con molte cifre e per l'estrazione di radici quadrate e cubiche e, a tale scopo, si servì di tavole numeriche accompagnate dai suoi famosi bastoncini in avorio. Sarà dal contatto con l'astronomo Ticho Brahe che Nepero sviluppò, inoltre, il suo importante logaritmo che apportò, seguendo le spiegazioni di Ernst Cassirer, un notevole contributo nel settore matematico e astronomico. Fu nell'opera del 1614 intitolata *Mirici Logarithmorum Canonis Descriptio* che il matematico presentò, per la prima volta, i suoi logaritmi, essi costituiscono

un metodo di calcolo matematico che permette di semplificare moltiplicazioni e divisioni riducendole a semplici somme e sottrazioni. L'introduzione dei logaritmi permise a intere generazioni di ingegneri e scienziati di effettuare calcoli sufficientemente esatti in tempi altrimenti impensabili. [...] Si può tranquillamente affermare che senza i logaritmi scienziati come Keplero e Newton non avrebbero potuto effettuare i calcoli necessari per arrivare alle loro scoperte (Cassirer, 1968a, p. 478; si veda anche Stewart, 2017, p. 115).

L'elemento interessante da isolare, che diventerà sempre più presente, è la volontà da parte di Nepero di ricercare una maggiore precisione e una maggiore velocità di calcolo, elementi che si riscontrano anche in Schickard ai quali, però, si aggiunge quello di voler automatizzare il processo interessato: "ho cercato di ottenere meccanicamente ciò che tu hai ottenuto seguendo un metodo logistico. Ho ideato una macchina [capace di calcolare] [...] istantaneamente e automaticamente da numeri dati, sommando, sottraendo, moltiplicando e dividendo" (Casalegno, 2009, p. 35).

Così Schickard scrisse a Keplero in una lettera del 1623 e il suo prototipo fu reso possibile grazie all'unione dei bastoncini di Nepero con un meccanismo per l'addizione dei prodotti.

Si è visto fin qui come, sin dall'antichità, uno degli obiettivi che hanno spinto l'umano a voler realizzare questo tipo particolare di macchine fu l'esigenza di una più alta precisione nel calcolare determinati prodotti numerici utili allo svolgimento di specifiche azioni sia quotidiane che, più propriamente, scientifiche. Ci siamo imbattuti, ora, in una macchina capace di svolgere addizioni e sottrazioni, operazioni matematiche di

cui l'umano, per molto tempo, si è servito per muoversi nella realtà, per crearsi una realtà.

Macchine calcolatrici alle quali si decise di delegare specifiche azioni, macchine che dal XVII secolo in poi inizieranno ad essere sempre più presenti nel vivere quotidiano andando ad assumere un ruolo sempre più da co-protagonista, permettendo all'umano un diverso modo di dirigersi verso il reale o, meglio, un modo diverso di comportarsi nei confronti del reale. Un reale che, attraverso l'uso di queste particolari macchine, ha assunto un'immagine diversa, inedita sotto certi aspetti, un'immagine dove l'errore ha iniziato, sempre più, ad essere lateralizzato. Un diverso modo di controllare il reale: l'errore, quindi, raggiunto tramite una calcolarizzazione sempre più precisa dei fenomeni, un processo mirato ad estirpare quanto possibile l'errore, attraverso metodiche meccanicizzate, attraverso l'ausilio della macchina.

La velocità di calcolo, la precisione e minimizzazione dell'errore, una prima forma di automazione, quindi, costituiscono gli elementi fin'ora emersi che allargheranno sempre più il loro posto nella realtà, la quale, dall'età moderna in poi, iniziò a modellarsi seguendo specifiche coordinate che, ancora una volta, vedono come protagonisti anche questi nuovi apparati meccanici.

Un ulteriore aggancio lo fornisce Cartesio, egli nel Discorso sul metodo (1637) dedica la sua attenzione ad un tema che sarà utile al prosieguo dell'analisi:

Non appena ebbi acquistato alcune nozioni generali di fisica, e cominciando a saggiarle in qualche problema particolare, [...] (esse) mi hanno fatto vedere che è possibile arrivare a conoscenze molto utili alla vita, [...] in virtù delle quali, conoscendo la forza e le azioni del fuoco, dell'acqua e degli astri e di tutti gli altri corpi che ci circondano così distintamente come conosciamo le diverse tecniche degli artigiani, potremmo parimenti impiegarle in tutti gli usi a cui sono adatte, e renderci quasi signori e padroni della natura. Il che non soltanto è desiderabile per inventare un'infinità di macchine che ci consentirebbero di godere senza alcuna fatica dei frutti della terra e di tutti gli altri beni che vi si trovano, ma anche in primo luogo di conservare la salute, che è senza dubbio il primo di questi beni e il fondamento di tutti gli altri in questa vita (Descartes, 1982, pp. 110-111).

Come si legge ad emergere è la già riscontrata volontà della delega e della ottimizzazione, elementi che verranno accolti nel 1645 da Blaise Pascal il quale, in una lettera indirizzata al Monsignor Cancellieri, rende pubblica l'invenzione della sua macchina aritmetica, primo esemplare di macchina calcolatrice moderna giunta ai nostri giorni. Nelle prime righe della lettera emergono già i motivi che spinsero Pascal ad intraprendere la costruzione della macchina: "Avendomi la lentezza e le difficoltà dei mezzi di cui ci si serve ordinariamente fatto pensare a qualche espediente più rapido e facile per aiutarmi nei grandi calcoli che mi occupano da qualche anno negli svariati affari che dipendono dagli impieghi coi quali avete onorato mio padre al servizio di sua Maestà nell'alta Normandia" (Pascal, 2020, p. 524). Sarà tramite la combinazione di matematica, geometria, fisica e meccanica che Pascal riuscirà a creare questo nuovo espediente in grado di agevolarlo nei grandi calcoli, capace di facilitare i lavori di calcolo che, fino a quel momento, erano eseguibili solo mediante "gettoni o penna".

Assistiamo, ancora una volta, ad una riduzione delle operazioni matematiche (algoritmiche) ad un solo ed unico movimento eseguibile dalla macchina: azione macchinica che "supplisce al difetto dell'ignoranza o della scarsa abitudine" che porta a terminare il lavoro "senza neppure l'intenzione di colui che se ne serve" (Ivi, p. 530).

Da queste lettere esaminate brevemente si apprende, come già riscontrato, che la causa principale alla base della costruzione della macchina di Pascal sia stata l'agevolazione del calcolo per "escludere ogni rischio d'errore, [condizione] più importante di tutte nel calcolo" (Ivi, p. 538), per renderlo semplice garantendo, in questo modo, anche ai non addetti ai lavori di poterne usufruire per scopi quotidiani e lavorativi. Queste possibilità porteranno lo stesso Pascal a pensare che questo nuovo strumento poteva venir integrato all'interno di diversi ambiti lavorativi ma, egli, non riuscì anche in quest'opera. Nonostante il filosofo francese non sia riuscito ad immettere sul mercato la macchina, consentendole di diventare oggetto quotidiano, a partire da questo momento il processo, in un certo modo, divenne irreversibile. La macchina di Pascal, trasportabile da un luogo all'altro senza fatica, costituisce, come già accennato, il primo esemplare giunto sino a noi, il

primo esemplare da cui gli studiosi del XVII secolo poterono apprendere il suo funzionamento permettendo, così, la sua riproducibilità e miglioramento.

Ed è, infatti, tra il 1676 e il 1680 che un miglioramento notevole alla costruzione delle macchine calcolatrici fu apportato da Gottfried Wilhelm Leibniz che propose la sua macchina nel testo *De Progressione Dyadica*, definita da lui come un “singolo meccanismo” (Per approfondimenti si veda Oliveri e Ottaviani, 2021) che differiva dal calcolatore di Pascal. Infatti se la “pascalina” si limitava a sommare e sottrarre, il calcolatore a passi di Leibniz, era in grado di eseguire anche le moltiplicazioni e le divisioni sfruttando un meccanismo capace di immagazzinare le cifre.

Ma il filosofo tedesco non si accontentò di creare e perfezionare “il calcolatore a passi”, egli si sforzò di trovare un metodo per ridurre il linguaggio matematico ad un linguaggio più semplice. Come si vede è sempre il concetto della riduzione ad essere protagonista ed è ancora nel *De Progressione Dyadica* che Leibniz accennò alla possibilità di ridurre il calcolo-linguaggio matematico ad un tipo diverso di calcolo, inteso come “qualunque notazione che rappresenti il ragionamento, quand’anche non avesse alcun rapporto con i numeri” (Leibniz, 1988, p. 184), come una “lingua, che a causa della sua esattezza, non genererà equivoci”, un diverso linguaggio che “sarà ben presto accettato da tutti, a causa del suo grande uso e della sua sorprendente facilità. [...] Chi scriverà in questa lingua non si ingannerà, purché eviti gli errori di calcolo” (Ivi, p. 181). Egli pensava alla creazione di un “alfabeto di simboli dei pensieri umani in cui ogni concetto basilare fosse rappresentato mediante un unico simbolo”.

Un linguaggio formale ed estremamente semplificato, identificabile come una “characteristica universalis”, una lingua universale che permetterebbe di sviluppare un calcolo logico operante esclusivamente attraverso numeri. Leibniz, proseguendo in questa direzione, “intuì come tutti i numeri potevano essere facilmente rappresentati da una combinazione di 1 e 0, inventando così il sistema binario” (Casalegno, 2009, p. 40); un’arte combinatoria, una logica simbolica in grado, attraverso questo sistema, di rappresentare ogni possibile concetto.

Il filosofo tedesco, com’è intuibile, operò una vera e propria algebrizzazione della logica. Così, ad esempio, Cassirer spiega questo passaggio operato da Leibniz: “L’evento sensibile con-

creto con tutte le sue molteplici particolarità qualitative dev'essere tradotto ai fini della considerazione scientifica in un altro linguaggio, ed è visto semplicemente come un equilibrio quantitativo e una trasposizione di forza viva. Rappresentando a questo modo ogni avvenimento particolare con un valore numerico determinato, abbiamo ancora una volta trovato il simbolo esatto, in virtù del quale soltanto tale avvenimento ci risulta conoscibile" (Cassirer, 1968b, pp. 170 e 204).

Con Leibniz, quindi, si è raggiunto un punto dirimente del discorso fin qui provato a tracciare.

Si è visto come uno dei passaggi fondamentali sia stata la riduzione e cataloghizzazione dei fenomeni della realtà in formule matematiche, una creazione di un diverso linguaggio, matematico-algoritmico, che permettesse una ulteriore distanziamento tra l'umano e la realtà, un'operazione di messa a distanza dei fenomeni da analizzare, i quali, una volta mediati si presterebbero ad una maggiore malleabilità da parte dell'umano.

Con Leibniz, come si è tentato di mostrare, si è eseguito un passaggio ulteriore, una ulteriore riduzione e distanziamento della realtà, un processo effettuato attraverso la riduzione del linguaggio matematico al calcolo binario in grado, ancora teoricamente, di ridurre la molteplicità della matematica e del mondo in infinite combinazioni di 0 e 1, processo che influenzerà notevolmente la progettazione dei primi computer e del loro linguaggio operativo. A quest'altezza storico-ricostruttiva anche Giovanni Poleni risulta aver rivestito un ruolo importante in quanto, venuto a conoscenza delle macchine di Pascal e Leibniz, migliorò il loro meccanismo di funzionamento. Siamo nel 1709 e la sua macchina, mediante una sorta di motore a peso, rappresenta un primo tentativo per rendere automatica l'esecuzione del calcolo lasciando all'umano il solo compito dell'impostazione numerica (Si veda il saggio di Lepschy, 1996).

Nel corso del XVIII, inoltre, varie personalità si cimentarono in questo tipo di costruzioni andando, in questo modo, ad ampliare i reperti di calcolatori meccanici giunti sino a noi. È del 1727, ad esempio, il testo *Theatrum Arithmetico-Geometricum* dello studioso tedesco Jacob Leupold, all'interno del quale vengono descritti e raffigurati i calcolatori di Pascal, Leibniz e Poleni e anche Leupold costruì diverse macchine le quali, successivamente, verranno riprese e perfezionate da altri autori.

Uno di essi fu Philipp Matthäus Hahn, pastore, astronomo e ingegnere tedesco che si dedicò, a partire dal 1770, al perfezionamento di queste macchine e in un articolo del 1779, apparso sulla rivista *Teutschen Merkur*, espresse i motivi del suo interesse: “Quando il mio tempo era occupato a costruire orologi astronomici, dovevo occuparmi di calcoli di frazioni lunghe, moltiplicazioni e divisioni di grandi numeri, ed ero così sopraffatto che il mio lavoro principale era vicino ad essere interrotto. Poi mi sono ricordato che qualche tempo fa ho letto un libro di Leibniz, che citava la sua macchina calcolatrice” (Caprara, 2021, p. 143).

Fu a questo punto che Hahn costruì il suo calcolatore meccanico e neanche i suoi scritti passarono inosservato in quanto, nello stesso 1779, l'ingegnere tedesco Johann Helfrich Von Müller sfruttò il potenziale delle idee di Hahn per costruire un proprio calcolatore meccanico per effettuare lavori commissionati dal sovrintendente della sua città, per ricalcolare delle tabelle relative ai volumi degli alberi portanti di alcuni edifici. Il calcolatore meccanico di Müller fu pronto nel 1784 per venire presentato all'Accademia delle Scienze di Gottinga, l'ingegnere poi pubblicò un articolo dove ne spiegava il funzionamento con il possibile esito di metterlo in commercio infatti, da uno scambio epistolare, si legge:

se la macchina calcolatrice vende bene, in futuro costruirei una macchina che stamperebbe simultaneamente con inchiostro da stampante su carta qualsiasi progressione aritmetica arbitraria nei numeri naturali [...] in questo modo, una sequenza di 60 termini può essere consegnata in un minuto (Stewart, 2017, p. 263).

2. La codifica della materia e il de-centramento del soggetto

Se la commercializzazione del calcolatore ideato da Müller nel 1783 non fu mai avviata risale al 1801 il brevetto di una macchina che rivoluzionò per sempre il modo di vivere e di lavorare delle persone. Il tessitore lionese Basile Bouchon, nel 1725, intuì di unire la carta perforata ai telai tessili, egli spostò l'ingranaggio di funzionamento degli automi del-

l'epoca nel settore tessile sancendo, di fatto, la nascita del telaio automatico.

Il motivo, apparentemente, fu sempre lo stesso. Egli racconta che l'invenzione fu stimolata dal fatto che il processo lavorativo era "lento e laborioso, in cui era necessaria l'opera di un aiutante (tiralicci) per selezionare e sollevare i giusti fili dell'ordito ogni volta che dovevano inserirsi tra essi quelli della trama" (English, 1976, p. 324). Il telaio di Bouchon, però, prevedeva un numero di aghi insufficienti per effettuare la tessitura di disegni di grandi dimensioni, ma ci pensò il suo aiutante, nel 1728, Jean-Baptiste Falcon ad aggiungere alcuni miglioramenti alla macchina.

Quest'ultimo ampliò il numero di corde del telaio e, cosa fondamentale, sostituì i rotoli di carta con una serie di schede perforate attaccate l'una all'altra, permettendo così alla macchina di poter eseguire e cambiare rapidamente programma di disegno. Sebbene la semi automaticità dei telai di Bouchon e Falcon permise di alleggerire il lavoro tessile, questi nuovi macchinari non riuscirono ad imporsi al mercato economico dell'epoca e solo progressivamente, forse per i vari miglioramenti (Ivi, p. 325) apportati, i telai automatici entrarono a far parte effettivamente della vita dei tessitori moderni.

Come si sa, però, fu il tessitore lionese Joseph Marie Jacquard ad apportare alcuni ed efficaci miglioramenti al meccanismo del telaio, a tal punto da renderlo completamente automatico: "fu l'invenzione [miglioramento] di Jacquard che risolse finalmente il problema di collegare tutti questi movimenti al funzionamento del telaio stesso. Egli combinò gli aghi con gli uncini, sostituì il cilindro con un prisma [...] e applicò un meccanismo di sollevamento azionato direttamente dal telaio" (Ivi, p. 327).

Il telaio, perfezionato da Jacquard, divenne un unico meccanismo dove ogni ingranaggio era collegato all'altro permettendo, una volta azionata la macchina tramite un motore a vapore, l'effettiva continuazione senza sosta della tessitura. La macchina fu brevettata e poi presentata nel 1801 all'Esposition des Produits de l'Industrie National di Parigi dove, però, non riscosse il successo desiderato e solo nel 1818, tramite sovvenzionamenti del governo francese, riuscì ad ottenere un ruolo di primo piano nella realtà dell'umano innescando le varie cri-

tiche e osservazioni degli interpreti dell'epoca. Una macchina che, una volta azionata salvo manutenzione, esegue la lavorazione senza sosta andando a ridurre il numero di persone prima dedite alla tessitura. Un processo graduale che portò gli imprenditori dell'epoca ad introdurre, sempre più, questo meccanismo nelle loro fabbriche.

Non appena la macchina entrò nella fabbrica lo spazio umano subì una forte rideterminazione, si assistette ad una azione prodotta dall'entrata in scena di un oggetto che determinò una diversa relazione tra l'umano e il suo spazio-realtà, relazioni che vennero ad assumere contorni e significati differenti. A mettersi in moto fu un processo di ri-centrizzazione del soggetto all'interno del suo spazio che, venendo affiancato dalla macchina, subì un riposizionamento passando, così, da assoluto protagonista ad attore secondario.

Riposizionamenti, ristrutturazioni che, da sempre, l'umano ha subito o che egli stesso ha pensato di attuare, dalla lotta libera alla catapulta, dal muoversi a piedi al carro trainato dagli animali, i processi di ristrutturazione tecnologica accompagnano da sempre l'umano nel suo sopravvivere quotidiano. Questi processi innescano la creazione di spazi diversi di vivere comune che, inaspettatamente o meno, attivano dinamiche di riposizionamento che obbligano l'umano ad assumere posizioni differenti all'interno della realtà. Dinamiche che impongono nuove sfide all'umano per il controllo del suo spazio il quale, a partire dal XIX secolo, ha subito una declinazione specifica, manifestatasi inizialmente negli ambienti lavorativi che, per dirla con lo storico Friedrich Klemm, produsse "una rapidissima meccanizzazione e industrializzazione" quella che, comunemente, "definiamo rivoluzione industriale. Di pari passo con la produzione di macchine motrici e trasformatrici sempre più efficienti e complicate e in numero sempre maggiore, si costruirono macchine utensili sempre più precise" (Klemm, 1959, p. 306).

Questa ristrutturazione, una volta avviata, grazie "all'unione del vapore e del carbone, [...] portò alla costruzione di quelle gigantesche fabbriche tessili che costituivano il tratto caratteristico particolarmente della città di Manchester" (Ivi, p. 313). Molte altre città, insieme a quest'ultima, si popolarono di macchine automatiche andando a realizzare forti cambiamenti nell'ambito lavorativo delle persone che, nella maggior parte dei

casi, hanno portato, secondo le analisi di Karl Marx, alla “sostituzione del lavoro di abilità con quello semplice; e, quindi, anche nell’abbassamento su vasta scala del salario fino al livello del salario medio o nella riduzione del lavoro necessario degli operai fino al minimo medio e delle spese di produzione della forza lavoro fino al livello delle spese di produzione della forza lavoro semplice” (Marx, 1954, p. 191).

Inoltre, con il perfezionamento continuo delle macchine automatizzate, si andò a ridurre “il numero degli operai rispetto alla massa delle merci prodotte e alla massa delle macchine impiegate, [a questo] s’accompagna, grazie a quest’ultima, ad un aumento del lavoro del singolo operaio, che sostituisce due o tre suoi compagni.

La macchina, quindi, dà ad un solo operaio la possibilità di fare ciò che prima facevano in due o tre, costringendolo ad aumentare il proprio lavoro ed a riempire con maggiore intensità ogni frazione di tempo lavorativo” (Ivi, p. 202). Queste nuove possibilità lavorative e di guadagno, con il passare del tempo, convinsero gli imprenditori dell’epoca ad estendere questo processo automatizzato in ogni settore lavorativo che prevedeva l’impiego di molta forza lavoro. A tal proposito è ancora Marx a fornire una descrizione abbastanza esauriente dei nuovi contesti lavorativi:

un cotonificio di prim’ordine, pieno di macchine e munito di installazioni a vapore e impianto a gas, non può essere costruito con meno di 100.000 sterline. Una macchina a vapore della potenza di 100 HP fa girare 50.000 fusi, che producono 62.500 migliaia di sottile filo di cotone. In una fabbrica come questa 1.000 persone sono in grado di produrre tanto filo quanto ne produrrebbero 250.000 senza l’uso della macchina (Ivi, p. 197).

Da questo sconvolgimento industriale, fortemente voluto dai capitalisti dell’epoca, nonché dallo stato inglese, sorsero nuove idee che influenzeranno diverse tecniche di progettazione riguardante i calcolatori meccanici e alcune di esse provennero dal matematico francese Charles Xavier di Colmare. Fu quest’ultimo che, per primo, riuscì nella commercializzazione dei calcolatori.

Egli “brevettò nel 1820 una macchina denominata Aritmetro” che fu prodotta “su scala relativamente grande, fa-

cendo di Thomas di Colmar il fondatore della prima industria di macchine da calcolo mai esistita". Sotto il controllo del suo inventore e, successivamente, dei figli e dei nipoti "tra il 1823 e il 1878 vennero fabbricati 1500 esemplari della macchina" (Stewart, 2017, p. 416), un numero cospicuo di calcolatori che mette bene in luce non solo la reale funzionalità della macchina ma, soprattutto, come i vari contesti del vivere quotidiano fossero sulla giusta strada per accogliere al loro interno questo nuovo meccanismo che, dall'iniziale relegazione nell'officina dello specialista, si iniziò sempre più ad espandere nei meandri della società umana.

Questa espansione fu documentata, non solo dagli innumerevoli esemplari giunti sino a noi, ma anche da un Annale di statistica torinese del 1881 nel quale compare un saggio, ad opera dell'ingegnere Agostino Cavallero, in cui l'autore si cimenta in un'attentissima descrizione della macchina e del suo funzionamento. Ad emergere è una forte capacità del calcolatore di automatizzare il calcolo matematico delegando lo sforzo alla macchina ma, dato interessante, fu soprattutto "la struttura dello strumento" ad attirare l'attenzione in quanto, essa, funzionava semplicemente grazie "ad una sola manovella motrice" (Cavallero, 1881, pp. 17-21; per una descrizione più accurata si veda p. 40) permettendo, in questo modo, di velocizzare operazioni che in passato avrebbero richiesto intere ore. Si capisce come la particolarità di questa macchina risieda nella semplicità dell'uso. Fu proprio questo che consentì "la diffusione della macchina di Thomas, della quale da lungo tempo [racconta Cavallero] posseggono ed adoperano con grande vantaggio gli esemplari [...] in Francia le principali amministrazioni pubbliche e private, le società ferroviarie, la scuola di ponti e strade, lo stabilimento del Creuzot, ecc.; in Inghilterra, oltre ad altri istituti, l'osservatorio di Cambridge, ed in Alemagna, Russia e Svizzera un buon numero di politecnici e di scuole d'arti e mestieri" (Ivi, p. 19).

Si ha, insomma, una maggiore proliferazione di questi nuovi strumenti all'interno dello spazio-realtà dell'umano il quale, da un certo momento in poi come sta iniziando ad emergere, decise di utilizzare sempre più queste tecnologie automatizzate nei più svariati ambiti di vita quotidiana i quali porteranno a ridurre il margine di errore dei calcoli matematici, margine che si andò a lateralizzare grazie all'uso di macchine sempre più precise.

Un ulteriore contributo in quest'ambito lo apportò Charles Babbage che, inizialmente, volle migliorare l'uso delle tavole logaritmiche impiegate molto nella navigazione, mezzo essenziale alla marina inglese per commerciare, difendersi e attaccare. Lo studioso inglese, quindi, pensò di costruire una macchina in grado di calcolare le differenze dei polinomi che, "grazie a un risultato del matematico Taylor, potevano essere usate per calcolare qualsiasi funzione matematica" (Laura, 2021, p. 33).

La macchina ideata e progettata da Babbage vide "la luce il 14 giugno del 1822 di fronte alla Royal Astronomical Society. Si trattava di un prototipo che però si rivelò al tal punto interessante che, nel 1823, il governo britannico concesse a Babbage un finanziamento di 1500 sterline per proseguire con la costruzione della macchina" (Longo e Bonfanti, 2008, p. 49).

Inoltre tra il 1834 e il 1841, Babbage, rappresentò su delle tavole da disegno un secondo tipo di macchina che venne presentata il 10 Gennaio 1841 all'Accademia delle Scienze di Torino. Quest'ultima invenzione, la macchina analitica, prevedeva la capacità, come i telai Jacquard, di codificare le informazioni presenti sulle schede perforate le quali permettevano al calcolatore di eseguire l'informazione.

Si può vedere la macchina analitica di Babbage come un prodotto in cui "confluivano le tecnologie degli orologi meccanici, quelle del telaio Jacquard, la divisione del lavoro di Adam Smith, l'evoluzione delle matematiche moderne, e altro ancora" (Ivi, p. 10) questo perché, la macchina, prevedeva per la prima volta l'utilizzo di diversi tipi di schede aventi ognuna un particolare compito. Questo passaggio merita di essere riportato per intero, in quanto si assiste ad una seria specializzazione di ruoli e sub-compiti che la macchina poteva svolgere:

le carte numeriche venivano utilizzate nello store per immagazzinare i dati [...], le carte dei risultati venivano prodotte dallo store e rappresentavano i dati risultanti dalle operazioni eseguite, [...] le carte variabili che controllavano il flusso dei dati dallo store verso il mill. Le carte operazionali che potevano essere legate insieme formando un nastro e che controllavano il tipo di operazione eseguita [...] e le carte combinatorie che governavano le ripetizioni delle varie operazioni e agivano sulle carte variabili spostando queste ultime in determinate posizioni per poterle riutilizzare in seguito (Casalegno, 2009, p. 53).

Queste notizie le si apprendono da due opuscoli del tempo, il primo fu scritto e pubblicato in Francia da Luigi Menabrea nel 1842 e il secondo, traduzione dello scritto di Menabrea con l'aggiunta di importati note, fu scritto un anno dopo da Augusta Ada Byron, amica e collaboratrice di Babbage. Saranno proprio le note di quest'ultima a far emergere la potenzialità della macchina analitica che potrà essere realizzata con un numero impressionante di "colonne di calcolo", "duecento come minimo", numero che porta ad intuire come "la potenza della macchina analitica è ben altrimenti superiore e dipende dalla nostra conoscenza delle operazioni che le facciamo eseguire" (Longo e Bonfanti, 2008, p. 38).

La descrizione di prima può farci apprendere che il punto di svolta risieda nella possibilità di cambiare le schede perforate, esse permettevano di cambiare informazione specifica consentendo, così, di poter "combinare tra loro simboli generali in successioni di varietà ed estensione illimitate" andando a stabilire "un legame unificante tra le operazioni della materia e i processi mentali della branca più astratta della scienza matematica" (Ivi, p. 40). Ciononostante, specifica Ada in una nota, "non bisogna nutrire idee esagerate sui poteri della macchina analitica", essa "non pretende di creare nulla. Può fare tutto ciò che riusciamo a ordinarle di fare, [...] ma non ha il potere di anticipare alcuna rivelazione o verità analitica" (Ivi, p. 42).

Insomma, macchina interessante quella ideata da Babbage e Ada, non solo per l'idea di stampare su carta i risultati ottenuti, così da poterli avere costantemente sottomano, ma ancora di più per la trasposizione di contesto avvenuta per le schede perforate. Questi piccoli oggetti rettangolari forati, rappresentano davvero un'innovazione nell'ambito dei calcolatori meccanici: se prima il calcolo doveva effettuarsi tramite l'impiego di manovelle per girare i pistoni e per svolgere l'operazione desiderata, adesso bastava inserire il nastro costituito da varie schede perforate aventi informazioni differenti e la macchina, una volta inseriti i numeri, svolgeva l'operazione automaticamente. Per svolgere diverse operazioni e diversi usi, dunque, non serviva più cambiare macchina o costruirne una differente ma, al contrario, bastava cambiare scheda. Si capisce, in questo modo, come la macchina assunse un ruolo più flessibile e l'importanza primaria, ora, era rivestita dall'in-

formazione eseguibile incisa su scheda: ciò che su di essa era inciso poteva essere eseguito.

In questo contesto di invenzioni, le quali verranno riprese in considerazione nei primi anni del XX secolo, si situano le idee del matematico inglese George Boole che apportò un miglioramento nell'ambito dei calcolatori ancora oggi in grado di sopravvivere.

Le opere di Boole non nacquero fuori contesto ma, al contrario, furono molteplici le condizioni che prepararono il loro sorgere, prima fra tutte “la ripresa degli studi di logica, all'incirca dal 1826 (data di pubblicazione degli *Elements of logic* di Whately); l'affermarsi di una concezione combinatoria dell'algebra che poneva il problema dei rapporti tra assiomi e regole di un dato sistema e la sua interpretazione; la scoperta di un'algebra non commutativa da parte di Rowan Hamilton; il ruolo centrale che, in algebra, avevano assunto le operazioni e le loro proprietà” (Boole, 1993, p. XXI). Anche Boole, all'interno di questa scia di concezioni, riconduceva alla base della logica un metodo più generale consistente nel prendere in esame le leggi-regole di combinazione dei simboli matematici senza, però, vincolare ad una interpretazione precostituita il significato dei risultati ottenibili sulla base di quelle stesse leggi-regole. Nell'ottica del matematico inglese era legittimo vedere la logica “basata su fatti di altro ordine che hanno la propria sede nella struttura della mente” (Ivi, p. 3), considerando quest'ultima come “una collezione di regole tecniche fondate sulla classificazione”, dove il sillogismo “non è altro che un risultato della classificazione di cose che la mente compie in modo naturale e necessario nel momento in cui forma un linguaggio” (Ivi, p. 7).

“Classificazione di cose”: le forme del sillogismo aristotelico, nota Boole, “sono effettivamente simboliche, solo che i simboli sono meno perfetti, nel loro genere, di quelli della matematica” (Ivi, p. 13) ed è questa imperfezione della tradizionale forma sillogistica, tramite le metodiche matematiche, che spingeranno Boole a fondere calcolo logico e analisi matematica, andando ad inserire “la logica in una dimensione schiettamente matematica” (Mangione, 1977a, p. 171) riuscendo, così, a compiere quel processo di formalizzazione teorizzato da Leibniz. Formalizzazione compiuta da Boole attraverso l'algebrizzazione della logica (del linguaggio parlato), ovvero attraverso la scrittura di regole lo-

giche in linguaggio matematico. Questo fu possibile in quanto Boole considerò la matematica “non più caratterizzata dai suoi oggetti, ma dai suoi procedimenti, dalle sue strutture” (Mannara e Lucchini, 1976, p. 196) dove esse vengono ad assumere carattere arbitrario, convenzionale e interpretabile.

Tutto questo rappresentò il compimento di un passo importante che porterà Boole a realizzare il calcolo-linguaggio binario. Egli partì dalla premessa che “la forma o l'espressione di un segno non ha alcuna importanza; così come non hanno importanza le leggi che regolano il suo impiego [...] Le qualità fondamentali dei segni sono enumerate dalla seguente definizione: un segno è un simbolo arbitrario, che ha una interpretazione fissata, e che può essere combinato con altri segni con certe leggi fissate, che dipendono dalla interpretazione dei segni stessi” ciò determina che “è del tutto indifferente quale sia la parola o il simbolo grafico che noi associamo ad una idea, purché si sia sempre coerenti al collegamento tra simbolo ed idea una volta che è stato fatto” (Ivi, p. 201). L'intento di Boole, partendo da queste premesse, fu quello di fondare “una scienza generale del ragionamento simbolico” (Mangione, 1977b, p. 254). In questo modo “linguaggio e calcolo vengono ad essere situati in parallelo, non in derivazione: al di sopra di entrambi c'è la mente con le sue operazioni e i suoi processi”.

Queste posizioni logiche (filosofiche) le si apprendono dal testo del 1847 *L'analisi matematica della logica* in cui, Boole, spiega come dotare la logica del rigore di cui gode la matematica e uno dei principi su cui poggia questo processo rigoristico “è quello del terzo escluso, secondo cui ogni affermazione è o vera o falsa. Non esistono compromessi” (Nahin, 2015, p. 13). Sviluppando queste intuizioni Boole riprende le forme sillogistiche tradizionali e le converte da linguaggio discorsivo a linguaggio formale/matematico, andando a sostituire ad ogni parola una lettera (precisamente X, Y, Z). Una volta impostato il procedimento in questo modo, per ogni asserzione si otterrà una determinata equazione il cui risultato, attraverso procedimenti di conversione ed eliminazione, si ridurrà a due unici valori: 0 oppure 1 (Boole, 1993, p. 113), falso oppure vero.

Il merito dell'opera di George Boole fu quello di aver creato un sistema generale “che, imponendogli le condizioni proprie al caso preso in esame, lo si può rendere tale da rappresentare

qualunque schema logico concepibile” (Ivi, p. 47). La realizzazione, dunque, di un nuovo tipo di linguaggio capace di esprimere le verità matematico-logiche ricorrendo esclusivamente all’uso di due valori, da qui la vasta generalità e malleabilità che lo caratterizzano e le rendono applicabile ai più svariati ambiti di analisi. Capacità del linguaggio binario-booleano di effettuare un diverso tipo di riduzione linguistica e comunicativa del reale la quale, una volta instaurata, diventa, pur nella sua convenzionalità, un qualcosa di totalmente altro che, al pari degli altri linguaggi, esprime un proprio significato, instaura una propria cornice di senso ma che, a differenza degli altri, semplifica in modo inedito i dati descrittivi e comunicativi della realtà. Fu proprio questo aspetto generale e semplificativo del linguaggio binario-booleano che spingerà, prima, Alan Turing e, poi, Claude Shannon, circa sessant’anni dopo l’opera di Boole, ad utilizzarlo per la programmazione dei primi computer contemporanei. Insomma, prima della costruzione dei computer già esisteva un linguaggio adatto per la loro programmazione, ma per giungere a realizzare l’implementazione linguistica su un computer, per permettergli di compiere determinate operazioni, dovette passare mezzo secolo, dovettero svilupparsi prima specifiche idee e avvenire determinati eventi.

Uno degli eventi chiave che permise lo sviluppo di idee che porteranno a parlare di macchine intelligenti fu il fenomeno della commercializzazione dei calcolatori meccanici e, di conseguenza, il popolamento sempre crescente che si ebbe di quest’ultimi nella realtà dell’umano. La commercializzazione del calcolatore come prodotto ha permesso che acquisisse un posto sempre più dominante nelle società, andando ad occupare i più svariati ambiti del vivere quotidiano. Viv[_{sub}]endo questo fenomeno, l’umano è stato costretto ad interrogarsi sul ruolo della macchina, sulle sue potenzialità, sul suo possibile miglioramento.

Questo, come dicevo, fu possibile a causa della commercializzazione del calcolatore meccanico, fenomeno iniziato già verso il 1823, tramite l’opera di Thomas Di Colmar, egli riuscì a vendere circa 1500 esemplari del suo calcolatore usati in Francia, in Inghilterra, Alemagna, Russia e Svizzera, usate per lo più in ambiti scientifici. Il lavoro di Di Colmar iniziato nel 1823, fu presto affiancato dalla figura dello svedese Pehr Georg

Scheutz, il quale “dopo aver ottenuto i fondi dal suo governo, portò a termine, nel 1853, la costruzione della sua macchina, basata sulle idee di Babbage sebbene con alcune originali modifiche” (Casalegno, 2009, p. 51). Il percorso di Scheutz iniziò quando conobbe, nel 1830, il tipografo Cederborgh, questo evento “segna l’ingresso di Scheutz nel campo del giornalismo di opposizione al governo e, quindi, nella politica”, evento importante che tornerà utile “quando occorrerà far approvare al Parlamento svedese i finanziamenti necessari alla costruzione della macchina da calcolo” (Losano, 1974, p. 18).

Attento alle innovazioni tecnologiche degli altri paesi, Scheutz si preoccupò inizialmente di chiedere, attraverso le riviste di opposizione politica a cui partecipava, l’abolizione “dei dazi e delle dogane, in modo che la tecnologia più avanzata non trovasse difficoltà nell’essere adottata dagli imprenditori svedesi” (Ivi, p. 19), adozione che successivamente non trovò affatto ostacolo, tanto da far diventare la Svezia il primo paese del vecchio mondo incline ad accettare la presenza dei calcolatori meccanici. Intorno al 1848 Scheutz acquistò la tipografia per cui inizialmente aveva lavorato, questo evento lo mise di fronte a nuove sfide, prima fra tutte quella di apportare dei miglioramenti all’apparato tecnico della stessa tipografia, che riuscì a brevettare in poco tempo e, in questo modo, entrò nella cerchia degli imprenditori svedesi dell’epoca. Con l’acquisto della tipografia Scheutz divenne ben consapevole del dislivello tecnologico-economico che separava la Svezia da altri paesi, primo fra tutti la Gran Bretagna, differenze che per essere sanate, o quanto meno alleviate, richiedevano l’investimento di capitale nel settore tecnologico, una delle fonti primarie di progresso.

Attraverso prove ed errori, Scheutz e suo figlio, riuscirono a costruire i primi modelli di calcolatore meccanico nel quale si fondevano le condizioni richieste ad una macchina alle differenze, con tanto di stampante. Questo tipo di calcolatore, che riassume in sé diversi secoli di ricerca tecnologica, fu il primo a varcare l’Oceano Atlantico arrivando, nel 1857, ad essere acquistato dall’osservatorio astronomico di Albany a New York, evento rappresentativo che dimostra come il nuovo mondo, a differenza dell’Europa, fosse più incline a questo tipo di novità.

A questo punto, prima di passare ad analizzare brevemente l'opera di alcuni autori che consentiranno, in modo pressoché definitivo, di intersecare la traiettoria delle prime teorizzazioni di idee e concetti di macchine intelligenti, vorrei soffermarmi sul newyorkese Herman Hollerith, figura che rappresenta un punto di cesura tra il XIX e il XX secolo in quanto fu il primo a creare un'azienda di calcolatori internazionale, ancora oggi esistente ovvero l'IBM, società che conta un fatturato annuo di 62 miliardi di dollari.

Alla fine del 1800 la popolazione americana subì un forte incremento, soprattutto per l'immigrazione europea, che complicò ulteriormente lo svolgersi dei censimenti, processi che venivano svolti per lo più a mano; fu il censimento del 1890 che mise in ginocchio gli uffici statistici americani, tanto che il conteggio della popolazione avrebbe potuto, per la sua lentezza, sovrapporsi al censimento successivo. Furono queste le preoccupazioni che assillarono Herman Hollerith impegnato, a quei tempi, a lavorare per l'US Bureau of Census e ad escogitare un modo per "creare un sistema meccanico per il conteggio dei dati" (Hollerith, 1889, p. 246), i quali crescendo esponenzialmente richiedevano che i "metodi manuali usati" per processarli "abbisognavano di drastici cambiamenti" (Ivi, p. 238). Quest'ultimi per avvenire necessitavano che "la meccanizzazione, che tanto aveva contribuito alla rivoluzione industriale, si estendesse anche alle attività amministrative e contabili" (Ivi, p. 245), meccanizzazione proposta da Hollerith in un articolo pubblicato sul giornale della Columbia University School of Mines, del 1889, un anno prima del tanto atteso censimento. In questo articolo lo statista americano si impegnò a spiegare nei minimi dettagli la costruzione e il funzionamento del suo sistema di tabulatrice elettrica, il primo sistema elettromeccanico in grado di registrare su scheda perforata i dati della popolazione: sesso, età, occupazione, erano tutti inseriti manualmente dagli operai, ma era la macchina, attraverso il sistema di batterie elettriche, a decodificare i dati-fori restituendo in tempi record per l'epoca i risultati utili al censimento.

Il cambiamento drastico atteso da Hollerith non tardò ad arrivare, basti pensare che ogni contenitore/registratore poteva arrivare a decodificare 10.000 fori in un lasso di tempo corri-

spondente ad un mese di lavoro manuale. Egli sperimentò i suoi primi prototipi per le statistiche sanitarie “di Baltimora, del New Jersey e di New York” (Kistermann, 2005, p. 59), riscuotendo un successo così notevole che la macchina fu subito richiesta per il censimento statunitense e anche per quello austriaco, arrivando ad occupare ambiti diversi come quello ferroviario, assicurativo, bancario e manifatturiero.

Dopo aver brevettato nel 1891 la sua macchina, Hollerith, cinque anni più tardi fondò la Tabulating Machines Company avente filiali in diverse parti del mondo.

Partite dall’America “le sue macchine furono adottate per i censimenti dell’Impero Austro-Ungarico, del Canada e della Norvegia, ma il maggior successo fu l’impiego delle schede perforate nel primo censimento dell’Impero Russo (1897), che contava quasi 126 milioni di abitanti” (Ivi, p. 63), un vero successo che portò l’azienda dello statista americano ad avere, nel 1910, “550 clienti con un totale di 1.076 macchine tabulatrici a 825 ordinatori installati” (Ivi, p. 65).

Questa diffusione di macchine tabulatrici e il correlato guadagno attirò l’interesse dell’investitore Charles Flint, il quale nel 1911 propose ad Hollerith e ai suoi collaboratori una fusione con altre aziende impegnate nello stesso campo, l’agglomerato prese il nome di Computing Tabulating Recording Company, la quale più tardi, con Hollerith ormai in pensione, prese il nome di International Business Machines Corporation, conosciuta oggi come IBM.

Sotto la direzione di quest’ultima azienda furono apportate notevoli migliorie alle macchine tabulatrici consistenti nella creazione, accanto alla pressa per le schede perforate, di altre macchine, ognuna avente uno specifico compito, con lo scopo di rendere più veloce ed efficiente il processo di elaborazione dati (Ivi, 2005, p. 66).

Ciò spinse la Marina degli Stati Uniti nel 1932 a sperimentare l’uso delle tabulatrici IBM per la decodifica dei messaggi giapponesi oppure, ancora più notevole, ad impiegarle sia per la crittoanalisi durante la seconda guerra mondiale che “a Los Alamos nell’ambito del Progetto Manhattan per i calcoli necessari alla costruzione delle prime bombe atomiche” (Hénin, 2010, p. 57).

3. Verso l'analogia macchina/cervello

Tragitto altalenante e discontinuo quello della macchina da calcolo, strumento passato dai piccoli laboratori degli inventori del 600' alle grandi fabbriche che iniziarono a popolare il XX secolo, epoca che ha assistito al processo di meccanizzazione svilupparsi in ogni spazio-realtà del vivere umano, dall'ambito censimentario a quello ferroviario, passando per l'ambito manifatturiero, scientifico, bancario, assicurativo fino ad arrivare a quello militare. Si assiste, insomma, al processo di popolamento del macchinico che, occupando un determinato settore, lo trasforma secondo specifiche coordinate.

Trasformazione di ambiti, prima abitati esclusivamente dall'umano, in qualcosa di diverso, diversità costituita dalla velocità-delega-automazione.

Attraverso l'azione macchinica l'ambiente assume un'altra forma consona non più all'operato-azione dell'umano, ma a quello della macchina, un'adeguazione dell'ambiente al macchinico, una macchinizzazione del settore in cui viene immessa, in cui agisce la macchina: un processo di macchinizzazione ambientale che impone allo svolgimento di un qualsiasi lavoro-azione un certo rigore, uno schema ben determinato al di fuori del quale uscire costituirebbe un errore, un tornare a un "come prima" non più funzionale all'ormai presente trasformato, all'ormai presente formato diversamente, un diverso costituito da una specifica forma-immagine del reale che impone l'obbligo all'umano di non potere non farne parte, che impone un riposizionamento dell'umano all'interno di un reale sempre più delegativo, sempre più dipendente dalla macchina.

Delegazione alla macchina di compiti prima gravanti sull'umano, i quali, una volta assunti-immessi nel processo macchinico e svolti autonomamente dalla macchina, relegano il s-oggetto umano, in determinati ambiti, a ruolo di spettatore. Da qui la dipendenza, delegazione sfegatata, che andrebbe inquadrata in una giusta cornice significativa per comprendere quanto possibile il reale meccanismo di relazione instauratosi nel tempo tra l'umano e la macchina e che oggi pare assumere dei connotati ulteriormente differenti.

A quest'altezza discorsiva sono due gli autori che vanno affrontati e che consentiranno di arrivare sul terreno pro-

prio della cibernetica e, poi, dell'Intelligenza Artificiale.

Il tedesco Konrad Zuse nel 1933 fu assunto dalla compagnia aerea Henschel di Berlino dove ebbe a che fare con calcoli lunghi e complicati e da qui, come in molti altri autori, nacque l'esigenza di costruire una macchina che lo potesse affiancare. Nel 1934, oltre a costruire un proprio calcolatore, riuscì ad adottare il sistema binario che consentì un utilizzo più veloce e pratico della macchina (Casalegno, 2009, pp. 101-104).

Già nel 1936, inoltre, Zuse ebbe l'idea di utilizzare i relè per la loro facile adattabilità al sistema binario e per la codifica delle informazioni ma, la difficoltà nel procurarsi i materiali, accolse l'idea dell'amico ingegnere Helmut Schreyer di adottare le valvole che avrebbero permesso velocità di calcolo impensabili per l'epoca ed è proprio a partire da qui che si avrà il passaggio dal calcolatore meccanico al digitale. Nel 1938 Zuse e Schreyer ultimarono la costruzione del calcolatore Z1, "che rappresenta la prima macchina al mondo, basata su codice binario, completamente programmabile [...] capace di effettuare una moltiplicazione in 5 secondi" (Goldstine, 1980, p. 101) e composto da 2.000 valvole. Ciò che emerge, però, di davvero interessante non è tanto e non solo la costruzione di questi primi esemplari digitali (Zuse ne costruì tanti altri fino ad arrivare allo Z4 (Casalegno, 2009, p. 107)) quanto, invece, l'idea di quello che può essere definito il primo e vero linguaggio di programmazione: il Plankalkul. Esso era capace di tradurre tutte le informazioni in programma eseguibile tramite la loro memorizzazione, permetteva la variazione di un numero illimitato di calcoli divenendo talmente flessibile, da far pensare a Zuse che esso fosse in grado, "forse, di emulare il cervello umano" (Zuse, 1970, p. 134).

Il sistema permetteva che i dati da elaborare non venissero più inseriti man mano che la macchina procedesse nell'elaborazione, ma erano "registrati in modo (semi)permanente in certe modificazioni della struttura fisica della macchina" (Longo, 2014, p. 35), permettendo in questo modo, una volta attivato il programma, di reperire ed eseguire le informazioni senza l'intervento dell'operatore umano.

Anche in America, da prima del secondo conflitto mondiale, si stava accentuando l'interesse per i calcolatori ad uso scientifico, processo che culminerà nella creazione di diverse

macchine da calcolo. È dallo stesso Zuse, nella sua autobiografia, che si può apprendere come “negli Stati Uniti erano stati svolti tre progetti indipendenti l'uno dall'altro: 1) la macchina Mark 1 della Harvard University [...] macchina elettromeccanica a comandi programmati [...]; 2) il progetto di un calcolatore a relè con sistema binario presso la società di Bell e sotto la guida di Stibitz; 3) il progetto ENIAC sotto la guida di Eckart e Mauchly [...] calcolatore da 18.000 valvole” (Zuse, 1970, p. 136).

Tutte queste macchine, però, furono precedute da progetti più umili. L'impulso provenne dal matematico e astronomo Leslie Comrie che, dal 1926 al 1936, diresse il *Nautical Almanac Office* britannico e che ebbe l'idea di utilizzare calcolatori commerciali IBM per la creazione di tavole astronomiche, idea che venne ripresa dall'astronomo Wallace Eckert nel 1929, allora professore alla Columbia University di New York. Quindi, in questo periodo, negli Stati Uniti, erano presenti per lo più macchine da calcolo commerciali, ma con il crescere della domanda dai settori scientifici, la stessa azienda IBM creò delle supermacchine consistenti nell'assemblaggio di più moduli commerciali standard, delle macchine selezionatrici. Tuttavia quest'ultime erano basate su “una semplice selezione: procede esaminando a turno ciascuno di un ampio insieme di elementi e seleziona quelli che hanno determinate caratteristiche specifiche” (Bush, 1945, p. 111), processo lento che non soddisfaceva pienamente gli studiosi dell'epoca.

Uno di essi, Vannevar Bush, già dagli anni Trenta aveva avviato diversi progetti basati sulla commutazione elettrica (circuiti elettrici con relè). Il primo consistette nella creazione di un *Comparator*, commissionato dalla Marina Statunitense e costruito al MIT, un sistema elettromeccanico capace di decrittare i testi. Il secondo progetto, invece, fu la costruzione di un *Rapid Selector*, finalizzato all'automatizzazione di biblioteche mediante l'archiviazione e la ricerca automatica di articoli e documenti, infine, la terza macchina, un *Rapid Arithmetical Calculator*, basato su reti a commutazione e costituito da un centinaio di valvole. Grazie ad un finanziamento da parte della Carnegie Corporation di New York, nel 1939, fu creato al MIT un *Center for analysis* con lo scopo di continuare a lavorare al terzo progetto di Bush e per approfondire un altro

tipo di calcolatore, il Rockefeller Differential Analyser, finanziato dalla stessa Rockefeller Foundation nel 1938 con 100.000 dollari.

Come si legge in un articolo del 45', Bush prese ispirazione per la costruzione di queste macchine "dalla centrale telefonica automatica", dove componendo un numero "la macchina seleziona e collega solo una delle milioni di stazioni possibili. Non li travolge tutti. Presta attenzione solo a una classe data da una prima cifra, e così via" (Ivi, p. 112), principio che Bush estese ai calcolatori.

Un punto di svolta ci fu quando il Presidente americano Roosevelt, nel 1940, istituì la struttura federale del National Defense Research Committee, al fine di reclutare tutti i centri di ricerca scientifica che si sarebbero potuti rivelare utili dal punto di vista militare e a capo della struttura fu messo proprio Vannevar Bush che istituì una linea di ricerca interdisciplinare costituita da scienziati, ingegneri, antropologi, sociologi, psicologi e militari. Tra l'équipe figurava anche il nome di Norbert Wiener e fu soprattutto grazie ai suoi neonati lavori inerenti ai funzionamenti delle macchine che, Bush, riuscì ad ultimare una nuova versione del calcolatore Rockefeller.

Si può affermare, senza esagerazione, che fu l'esperienza della guerra mondiale ad accelerare in modo netto la ricerca in questi settori emergenti, benché Zuse e Bush già dagli anni 30' lavorassero a progetti miranti la meccanizzazione e l'automazione dei processi di calcolo, fu solo grazie ai cospicui investimenti degli Stati e delle grandi aziende che determinate idee si potessero realizzare in così poco tempo. Macchine digitali in grado di elaborare dati ad una velocità e ad una precisione prima impensabile, velocità e precisione che permisero di intercettare le bombe nemiche, di prevedere le zone d'attacco, di eseguire i calcoli sufficienti per la costruzione delle bombe atomiche, azioni esistenzialmente dirimenti per la sorte di migliaia, se non milioni, di persone.

Ciò che interessa rilevare a questo punto del discorso sono alcuni aspetti dell'opera di Zuse-Bush. Il Plankalkul, in tedesco piano di calcolo, era costituito da istruzioni di assegnamento di valori, ovvero passi procedurali in grado di sistematizzare i dati in categorie di array capaci di creare blocchi dati non im-

messi direttamente nella macchina, bensì estrapolati dagli insiemi di dati preesistenti. Il Plankalkül rappresenta un'innovazione che sarebbe diventata la chiave di volta per tutti i successivi calcolatori digitali, una sorta di manuale d'istruzioni da dare in pasto alla macchina, la quale, una volta attivata, tramite impulsi elettrici, attuava le regole inscritte nel programma, portando a termine l'operazione in completa autonomia. La macchina, in questo modo, eseguiva le istruzioni che il programma conteneva e da questo punto di vista essa appare assumere l'aspetto di un esecutore di istruzioni-algoritmi in grado, grazie alla precisione di cui disponeva, di restituire un risultato/informazione da noi comprensibile e interpretabile. Un piano di calcolo, una pianificazione degli algoritmi eseguibili dalla macchina, processo possibile grazie alla mediazione del linguaggio binario conforme per la sua adattabilità al potenziale meccanismo di computazione della macchina. Questo processo di computazione portò Zuse a sospettare che, forse, in futuro potesse raggiungere livelli simili a quelli del cervello umano.

A questo punto ci troviamo dinanzi ad una analogia, macchina/cervello, che permetterà l'ingresso diretto all'interno del vero e proprio perimetro narrativo e interpretazionale fin qui provato a raggiungere. Questa analogia troverà nell'articolo, già citato, di Vannevar Bush una particolare declinazione.

Secondo Bush, il matematico “è principalmente un individuo che è abile nell'uso della logica simbolica su un piano elevato, e soprattutto è un uomo di giudizio intuitivo nella scelta dei processi manipolativi che impiega” (Ivi, p. 110). Queste azioni aprono la strada a “manipolazioni [simboliche] successive di natura ripetitiva” adatte “ad essere relegate alle macchine” (Ivi, p. 109). In questa quadratura le manipolazioni simboliche della macchina vengono equiparate da Bush ai “processi logici del pensiero”, in quanto “ogni volta che il pensiero per un certo tempo corre lungo un solco accettato, c'è un'opportunità per la macchina”, ciò è reso possibile grazie all'implementazione della logica formale, del linguaggio di programmazione, sul calcolatore. Da qui sarà “possibile costruire una macchina che manipolerà i locali in conformità con la logica formale, semplicemente con l'uso intelligente di circuiti a relè. Mettete una serie di premesse in un tale dispositivo e girate la manovella,

e passerà prontamente una conclusione dopo l'altra, il tutto in conformità con la legge logica" (Ivi, p. 110).

Osservazioni fin'ora solo latenti e celate che adesso iniziano a prendere una forma determinata. L'equiparazione della macchina al cervello assumerà contorni sempre più specifici che non riguarderanno semplicemente il modo "d'estrazione di dati [dalla macchina] ai fini della ricerca scientifica; [ma] coinvolge l'intero processo attraverso il quale l'uomo trae profitto dalla sua eredità di conoscenza acquisita" (Ivi, p. 111). Ciò che Bush, senza sospettarlo, mette in gioco è una sorta di fenomenologia dei processi cognitivi che, se indagati, permetterebbero la loro estensione ai processi di manipolazione simbolica della macchina.

Egli, infatti, parte da un tipo particolare di interpretazione che vede "tutte le forme di intelligenza, sia del suono che della vista, [...] ridotte alla forma di correnti variabili in un circuito elettrico in modo che possano essere trasmesse". Trasmissione di informazioni tramite un processo non sconosciuto in quanto, secondo Bush, "all'interno della struttura [cerebrale] umana avviene esattamente lo stesso tipo di processo" (Ivi, p. 120). Queste analogie Bush non le posiziona semplicemente sull'uscio di questa nuova cornice argomentativa, ma cerca di immetterle entro specifiche coordinate aventi conseguenzialmente la potenzialità per istituire diversi paradigmi significanti. Dette analogie partono dall'assunto secondo il quale "la mente umana [...] opera per associazione. Con un oggetto in mano, scatta istantaneamente al successivo che è suggerito dall'associazione dei pensieri, in conformità con un'intricata rete di scie trasportate dalle cellule del cervello" (Ivi, p. 114), operazione cerebrale istantanea che pur essendo complessa e dettagliata tende a far svanire l'oggetto-immagine visualizzato, rivelando, in questo modo, la transitorietà della memoria soggetta ad imperfezione.

"Quando l'occhio vede, tutte le informazioni che ne derivano vengono trasmesse al cervello per mezzo di vibrazioni elettriche nel canale del nervo ottico"; questa trasmissione informazionale elettrica Bush la fa corrispondere alle "vibrazioni elettriche che si verificano nel cavo di un televisore", infatti, per quanto possano essere diversi i due processi, le vibrazioni elettriche "trasmettono l'immagine dalle fotocellule che la ve-