Meredith Broussard

LA NON INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Come i computer non capiscono il mondo

scienza FA

FrancoAngeli

scienza FA

Una collana di saggi per il lettore non specialista:
per comprendere la realtà che ci circonda

Collana diretta da:
Renato Betti, Politecnico di Milano
Roberto Lucchetti, Politecnico di Milano
Giuseppe Rosolini, Università di Genova

Meredith Broussard

LA **NON** INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Come i computer **non** capiscono il mondo

scienza **FA**

FrancoAngeli

Progetto grafico di copertina: Géraldine D'Alessandris

Titolo originale: *Artificial Unintelligence. How Computers Misunderstand the World*, MIT Press, Cambridge (MA), 2018

Copyright © 2018 Meredith Broussard
All rights reserved

Traduzione dall'inglese: Jennifer Tiffany Nanetti

Copyright © 2019 by FrancoAngeli srl, Milano, Italy

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito ***www.francoangeli.it.***

Alla mia famiglia

Indice

Parte 1
Come funzionano i computer

1. Hello, reader pag. 11
2. Hello, world » 24
3. Hello, AI » 45
4. Hello, data journalism » 57

Parte 2
Quando i computer non funzionano

5. Perché le scuole povere non ce la fanno con i test standard » 69
6. I problemi delle persone » 89
7. Il *machine learning* » 114
8. Questa automobile non si guiderà da sola » 158
9. Popolare non significa buono » 195

Parte 3
Lavorare insieme

10. Sull'autobus delle startup pag. 213

11. La terza ondata dell'intelligenza artificiale » 228

12. L'invecchiamento dei computer » 249

Ringraziamenti » 259

Bibliografia » 261

Parte 1

Come funzionano i computer

1
Hello, reader

Io amo la tecnologia. L'ho amata sin da quando ero bambina e i miei genitori mi regalarono un Meccano con cui costruii (quello che a me sembrava) un gigantesco robot con dei piccoli pezzi di metallo forato. Il robot doveva essere animato da un minuscolo motore a batteria. Ero una bambina piena di immaginazione; mi convinsi che, una volta costruito, il robot avrebbe camminato per casa con la stessa facilità con cui camminavo io e che sarebbe diventato il mio nuovo migliore amico. Gli avrei insegnato a ballare. Mi avrebbe seguita per tutta la casa e (al contrario del mio cane), avrebbe giocato ad acchiapparello.

Trascorsi ore sul tappeto di lana rossa nel corridoio della casa dei miei genitori, sognando ad occhi aperti mentre montavo il robot. Strinsi decine di dadi e bulloni usando le piccole pinze, a misura di bambino, presenti nella confezione del Meccano. Con mia madre andammo appositamente al negozio a comprare le batterie giuste per il motore. Appena rientrate a casa, corsi su a collegare i cavi nudi al motore per accendere il robot. Mi sentivo come Orville e Wilbur Wright a Kitty Hawk, in procinto di lanciare una nuova macchina nella speranza che avrebbe cambiato il mondo.

Non successe nulla.

Controllai le istruzioni. Spensi e accesi più volte l'interruttore. Invertii le batterie. Ancora niente. Il mio robot non funzionava. Andai da mia madre.

«Devi venire di sopra. Il mio robot non funziona», dissi mesta.

«Hai provato a spegnerlo e riaccenderlo?», chiese mia madre.

«Sì, l'ho fatto», dissi.

«Hai provato a invertire le batterie?», chiese.

«Sì», risposi. Sentivo crescere la frustrazione.

«Vengo a dare un'occhiata». Le afferrai la mano e la trascinai su. Armeggiò per un po' con il robot, controllando le istruzioni, maneggiando i cavi e provando più volte a spegnere e riaccendere. «Non funziona», disse alla fine.

«Perché no?», chiesi. Avrebbe potuto rispondermi semplicemente che il motore era rotto, ma mia madre credeva nelle spiegazioni esaustive. Mi disse che il motore era rotto e poi mi spiegò anche le catene globali di fornitura e le linee di montaggio, ricordandomi che sapevo come funzionavano le fabbriche, perché mi piaceva guardare i video di *Sesamo apriti*, con quegli enormi macchinari industriali che fabbricavano pacchi di pastelli a cera.

«Quando si fabbrica qualcosa, può verificarsi un problema», mi spiegò. «Quando hanno costruito questo motore, dev'essersi verificato un problema ma, ciononostante, è finito nella tua scatola e ora dobbiamo procurarcene uno che funzioni». Chiamammo il numero verde della Meccano che era stampato sulle istruzioni e quelle persone così gentili alla ditta di giocattoli ci mandarono per posta un nuovo motore. Ci mise più o meno una settimana ad arrivare; io lo montai e questa volta funzionava. A quel punto, fu una delusione. Il robot funzionava, certo, ma non bene. Sul pavimento in legno si muoveva lentamente. Si bloccava sul tappeto. Non sarebbe diventato il mio nuovo migliore amico. Dopo qualche giorno, lo smontai per dedicarmi ad un nuovo progetto, una ruota panoramica.

Costruendo quel robot, imparai alcune cose. Imparai ad usare gli strumenti per costruire la tecnologia e capii che costruire qualcosa può essere divertente. Scoprii che la mia immaginazione era potente, ma che la realtà della tecnologia non era all'altezza di ciò che avevo immaginato. Imparai anche che i pezzi si rompono.

Qualche anno più tardi, quando cominciai a scrivere programmi, scoprii che quelle lezioni apprese costruendo il robot si potevano applicare perfettamente anche al mondo dei computer. Riuscivo a immaginare programmi estremamente complessi, ma ciò che il computer era *effettivamente* in grado di fare era spesso una delusio-

ne. Mi imbattei in molti casi in cui i programmi non funzionavano perché, da qualche parte nelle viscere del computer, un componente si era rotto. Tuttavia, non mi sono mai arresa e ancora oggi mi piace molto costruire e utilizzare la tecnologia. Ho un gran numero di account sui social media. Una volta ho fatto a pezzi una pentola per costruire un arnese che ammorbidisse quasi 12 kg di cioccolata per un progetto di cucina. Ho costruito perfino un sistema computerizzato per irrigare automaticamente il mio giardino.

Di recente, tuttavia, ho cominciato a essere scettica verso chi sostiene che la tecnologia salverà il mondo. Per tutta la mia vita adulta ho sentito promesse su ciò che la tecnologia può fare per cambiare il mondo in meglio. Ho cominciato a studiare informatica ad Harvard nel settembre 1991, solo un mese dopo che Tim Berners-Lee aveva lanciato il primo sito web del mondo al CERN, il laboratorio di fisica delle particelle dell'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare. Al secondo anno di studi, la mia compagna di stanza comprò un cubo NeXT, lo stesso computer nero e quadrato che Berners-Lee aveva usato come server del web al CERN. Fu divertente. Si procurò inoltre una connessione ad alta velocità per la nostra stanza al dormitorio e usammo questo computer da 5.000 dollari per controllare le nostre e-mail. Un altro nostro compagno, che aveva fatto coming out ma era troppo giovane per frequentare i locali gay di Boston, lo usò per pubblicare annunci in bacheca e conoscere dei ragazzi. Era facile credere che in futuro avremmo fatto tutto online.

Per i giovani idealisti della mia generazione, era anche facile credere che il mondo che stavamo creando online sarebbe stato migliore e più giusto del mondo che già avevamo. Negli anni Sessanta, i nostri genitori pensavano di costruire un mondo migliore mollando gli studi e andando a vivere nelle comuni. Avevamo visto che i nostri genitori si erano dati una raddrizzata e che le comuni ovviamente non erano la risposta, eppure c'era questo mondo completamente nuovo e inesplorato, il "cyberspazio", che stava a noi costruire. La connessione non era solo metaforica. Come scrive Fred Turner in *From Counterculture to Cyberculture*, una storia dell'utopia digitale[1], l'emergente

1. Fred Turner, *From Counterculture to Cyberculture: Steward Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism*, University of Chicago Press, Chicago, 2008.

cultura di Internet del tempo era pesantemente influenzata dal movimento del neo-comunalismo degli anni Sessanta. Stewart Brand, fondatore del *Whole Earth Catalog*, ha indicato i collegamenti tra la controcultura e la rivoluzione del personal computer in un saggio intitolato "We Owe It All to the Hippies", in un numero speciale del 1995 della rivista *Time* intitolato "Welcome to Cyberspace"[2]. Ai suoi esordi, Internet era molto alternativo.

Arrivata al terzo anno, ero in grado di costruire una pagina web, di rendere più veloce un server o di scrivere un codice in sei diversi linguaggi di programmazione. Per uno studente dell'epoca che si stesse laureando in matematica, informatica o ingegneria, questo era assolutamente normale. Per una studentessa, non lo era. Ero una delle sei laureande in informatica in un'università che contava ventimila studenti tra laureandi e dottorandi. Conoscevo soltanto due delle altre cinque. Le altre tre erano poco più di un sentito dire. Mi sentivo isolata, la dimostrazione vivente di tutte quelle cause che, come da manuale, spingono le ragazze ad abbandonare una carriera nell'ambito delle scienze, della tecnologia, dell'ingegneria e della matematica (STEM). Vedevo ciò che non funzionava nel sistema – sia per me che per le altre – ma non avevo il potere di aggiustarlo. Cambiai il corso di studi.

Dopo il college, iniziai a lavorare come *computer scientist*. Il mio compito era costruire un simulatore che assomigliasse a un milione di api munite di mitragliatrici che attaccavano simultaneamente un software, verificando che il software fosse in grado di reggere all'attacco. Era un buon lavoro, ma io non ero felice. Una volta ancora, mi sentivo come se non ci fosse nessuno che mi assomigliasse, che parlasse come me, che fosse interessato alle cose che interessavano a me. Mi licenziai, intenzionata a diventare una giornalista.

Fast-forward di qualche anno: tornai all'informatica come *data journalist*. Il *data journalism* è uno speciale settore del giornalismo che trova le storie nei numeri e utilizza i numeri per raccontare le storie. Come *data journalist*, scrivevo di codici utili per portare avanti inchieste di giornalismo investigativo. Nel frattempo, sono anche diventata professoressa. Insegnare mi piace. È una professione in cui c'è un buon equilibrio di genere.

2. Stewart Brand, "We Owe It All to the Hippies", *Time*, March 1, 1995.

Ai giornalisti si insegna a essere scettici. Ci diciamo l'un l'altro: «Se tua madre ti dice che ti vuole bene, verifica». Negli anni, ho sentito molte persone ripetere le stesse promesse sul meraviglioso futuro tecnologico, ma ho visto il mondo digitale replicare le disuguaglianze del mondo "reale". Ad esempio, la percentuale di donne e di appartenenti a minoranze nella forza lavoro delle aziende del comparto tecnologico non è mai aumentata in modo significativo. Internet è diventata la nuova sfera pubblica, ma amiche e colleghe mi raccontano di essere molestate online più di quanto avvenisse in precedenza nel mondo reale. Quelle amiche che utilizzano siti e app di appuntamenti online hanno ricevuto minacce di stupro e foto oscene. I troll e i bot hanno reso Twitter una cacofonia.

Ho cominciato a interrogarmi sulle promesse della cultura tecnologica. Ho iniziato a notare che il modo in cui le persone parlano della tecnologia è fuori sincrono con ciò che la tecnologia può davvero fare. In ultima analisi, qualunque azione compiamo con i computer ha a che fare con la matematica e ci sono dei limiti fondamentali a ciò che possiamo (e dovremmo) fare con la matematica. Secondo me, abbiamo raggiunto quel limite. Siamo talmente entusiasti di utilizzare la tecnologia per qualunque cosa – noleggiare, comprare, pagare le bollette, scegliere con chi passare una serata – che abbiamo smesso di pretendere che la nuova tecnologia sia *buona*.

Il nostro entusiasmo collettivo nell'applicare la tecnologia informatica a qualunque aspetto della vita ha ottenuto, come risultato, un'incredibile quantità di tecnologia dal design pessimo. E questa tecnologia così malamente progettata, anziché semplificarla, sta intralciando la nostra vita di tutti i giorni. Azioni semplici, come cercare il numero di telefono di un nuovo amico o il suo indirizzo e-mail aggiornato, richiedono un tempo esagerato. Il problema qui, come spesso altrove, è: troppa tecnologia e troppe poche persone. Abbiamo demandato la conservazione dei dati ai sistemi informatizzati, licenziando tutti coloro che mantenevano quei dati aggiornati. E ora, poiché nessuno si occupa di assicurarsi che tutte le informazioni di contatto siano accurate, contattare le persone diventa più difficile che mai. Come giornalista, gran parte del mio lavoro consiste nell'entrare in contatto con persone che non conosco. Ma

contattare chiunque è molto più difficile – e molto più costoso – di quanto non fosse un tempo.

C'è un detto: quando hai solo un martello, qualunque cosa ti sembrerà un chiodo. I computer sono i nostri martelli. È tempo di smettere di correre alla cieca verso il futuro digitale e di prendere decisioni migliori, più ponderate, sul quando e sul perché utilizzare la tecnologia.

Da qui nasce questo libro.

Questo libro è una guida per comprendere i limiti estremi di ciò che la tecnologia può fare. Parla di quella zona di confine in cui i risultati dell'uomo si intersecano con i limiti della natura umana. Quel confine è più simile a un burrone oltre il quale ci si espone a un grosso pericolo.

Il mondo è pieno di meravigliosa tecnologia: i motori di ricerca su Internet, i *device* che riconoscono i comandi vocali, i computer che possono competere contro esperti umani in giochi come *Jeopardy!* oppure *Go*. Se da un lato è giusto celebrare questi risultati, dall'altro è importante non farsi prendere troppo dall'entusiasmo e ritenere che, giacché abbiamo una tecnologia così *cool*, la possiamo usare per risolvere qualunque problema. Nelle mie classi universitarie, una delle cose fondamentali che insegno è che ci sono dei limiti. Esattamente come ci sono dei limiti fondamentali a ciò che sappiamo in matematica o nelle scienze, così ci sono dei limiti fondamentali a ciò che possiamo fare con la tecnologia. Ci sono dei limiti anche a ciò che *dovremmo* fare con la tecnologia. Quando osserviamo il mondo soltanto attraverso la lente dell'informatica o quando cerchiamo di risolvere grossi problemi sociali esclusivamente utilizzando la tecnologia, tendiamo a reiterare gli stessi, prevedibili errori che rallentano il progresso e rafforzano le disuguaglianze. Questo libro aiuta a capire i limiti estremi di ciò che la tecnologia può fare. Comprendere questi limiti ci aiuterà a prendere decisioni più ponderate e ad aprire un discorso collettivo, come società, su ciò che possiamo fare con la tecnologia e su cosa dovremmo fare per rendere il mondo davvero migliore per tutti.

Affronto questo tema della giustizia sociale da giornalista. Sono specializzata in un tipo particolare di *data journalism*, chiamato *computational journalism*, o giornalismo sull'affidabilità degli al-

goritmi. Un algoritmo è una procedura informatica per ottenere un risultato, un po' come una ricetta è una procedura per ottenere un piatto particolare. A volte, occuparsi di affidabilità degli algoritmi significa scrivere un codice per indagare gli algoritmi che vengono usati sempre più spesso per prendere decisioni in nostra vece. Altre volte, significa analizzare una tecnologia pessimamente progettata o dati interpretati in modo erroneo e dare l'allarme.

Uno degli allarmi che voglio lanciare in questo libro è quello relativo alla strampalata teoria che definisco *tecnosciovinismo*. Il tecnosciovinismo è la convinzione che la tecnologia sia sempre la soluzione. Sebbene la tecnologia digitale sia entrata nella ricerca scientifica e nell'organizzazione burocratica sin dagli anni Cinquanta – e nella nostra vita di tutti i giorni sin dagli anni Ottanta – sofisticate campagne di marketing continuano a convincere gran parte dell'opinione pubblica che essa sia qualcosa di nuovo e di potenzialmente rivoluzionario (la rivoluzione tecnologica è già avvenuta; la tecnologia è ormai una cosa banale).

Il tecnosciovinismo si accompagna spesso, come fossero compagni di viaggio, ad altre credenze, quali la meritocrazia propugnata da Ayn Rand, i valori politici tecnolibertari, una celebrazione della libertà di pensiero che si spinge fino a negare che le molestie online siano un problema, l'idea che i computer siano più "obiettivi" e "senza pregiudizi" perché riducono domande e risposte alla valutazione matematica, nonché una fede incrollabile nella convinzione che, se solo il mondo usasse più computer, e li usasse a dovere, i problemi sociali scomparirebbero e creeremmo un'Utopia digitale. Non è vero. Non è mai esistita, né mai esisterà, un'innovazione tecnologica che ci allontanerà dai problemi di fondo della natura umana. Perché, allora, la gente persiste a pensare che proprio dietro l'angolo ci sia un radioso futuro tecnologico?

Ho iniziato a pensare al tecnosciovinismo un giorno in cui mi sono trovata a parlare con un amico ventenne che lavora come *data scientist*. Ho detto qualcosa sulle scuole di Philadelphia che non avevano abbastanza libri.

«Perché non usano i PC portatili, o gli iPad, e prendono dei libri di testo in formato elettronico?», mi ha chiesto il mio amico. «La tecnologia non rende tutto più veloce, più economico e migliore?».

Il mio amico si è beccato una lunga predica (anche a voi toccherà, in uno dei prossimi capitoli). Tuttavia, il suo punto di vista mi è rimasto impresso. Il mio amico riteneva che la tecnologia fosse sempre la risposta. Io pensavo che la tecnologia fosse appropriata solo laddove era lo strumento adatto al compito.

In qualche modo, negli ultimi due decenni, molti di noi hanno cominciato a dare per scontato che i computer facessero le cose bene e gli umani male. Abbiamo cominciato a dire cose del tipo: «I computer sono migliori, perché sono più obiettivi delle persone». I computer sono diventati così pervasivi in ogni aspetto della nostra vita che, quando qualcosa si inceppa nella macchina, subito pensiamo che sia colpa nostra, anziché supporre che qualcosa possa essere andato storto nelle migliaia di linee di codici che costituiscono il programma medio informatico. In realtà, come qualunque sviluppatore di software vi potrà confermare, il problema di solito è da qualche parte nella macchina. È probabilmente in un codice progettato o testato malamente, in un hardware di scarsa qualità o nella errata percezione di come l'utilizzatore avrebbe usato il sistema.

Se la pensate in tutto o in parte come il mio amico *data scientist*, sarete probabilmente scettici rispetto a questo mio discorso. Magari siete una persona che ama il suo telefono cellulare oppure siete uno dei tanti che si sono sentiti dire per tutta la vita che i computer sono il futuro. Sì, vi capisco. Lo hanno detto anche a me. Vi chiedo solo di ascoltarmi mentre vi racconterò alcune storie su persone che hanno sviluppato nuove tecnologie. Utilizzerò queste storie per riflettere criticamente sulla tecnologia di cui disponiamo e sulle persone che la costruiscono. Questo non è un manuale tecnico né un libro di testo; è una raccolta di storie, con uno scopo. Ho scelto alcune avventure nel mondo della programmazione informatica, ognuna delle quali è per me funzionale per comprendere qualcosa di fondamentale sulla tecnologia e sulla cultura tecnologica dei nostri tempi. Queste avventure si uniscono in una sorta di catena, a costruire un'argomentazione contro il tecnosciovinismo. Lungo la strada, vi spiegherò come funziona parte della tecnologia dei computer e smonterò i sistemi umani che la tecnologia serve.

I primi quattro capitoli del libro si occupano di alcune nozioni fondamentali relative al funzionamento dei computer e alla scrit-

tura dei programmi. Se già avete le idee chiare sull'interazione tra hardware e software, o se già sapete come scrivere un codice, potete probabilmente saltare in tranquillità i Capitoli 1-3 e arrivare subito al Capitolo 4, che si concentra sui dati. Questi primi capitoli sono importanti perché qualunque intelligenza artificiale (IA) è costruita sul medesimo fondamento di codici, dati, binari e impulsi elettrici. Comprendere ciò che è reale e ciò che è immaginario nell'intelligenza artificiale è cruciale. Le super-intelligenze artificiali, come quelle in programmi televisivi quali *Person of Interest* oppure *Star Trek*, sono immaginarie. Sì, sono divertenti da immaginare e può stimolare una fantastica creatività pensare alle possibilità di una dominazione dei robot e a situazioni analoghe, ma non si tratta di fenomeni reali. Questo libro si attiene strettamente alla realtà dei concetti matematici, cognitivi e informatici che sono alla base della reale disciplina accademica dell'intelligenza artificiale: la rappresentazione della conoscenza e il ragionamento, la logica, il *machine learning* (l'apprendimento automatico), l'elaborazione naturale del linguaggio, la ricerca, la pianificazione, la meccanica e l'etica.

Nella prima avventura informatica (Capitolo 5), indagherò sul perché, dopo due decenni di riforme del sistema educativo, le scuole americane ancora non riescono a portare gli studenti a un livello tale da superare i test standard. Non è colpa degli studenti né degli insegnanti. Il problema è molto più grande: le ditte che creano i più importanti esami a livello statale e locale sono le stesse che pubblicano i manuali che contengono gran parte delle risposte, solo che i distretti scolastici localizzati in aree abitate da una fascia di popolazione a basso reddito non possono permettersi di comprare i libri.

Ho scoperto questa situazione incresciosa costruendo un software di intelligenza artificiale che mi consentisse di fare il mio lavoro di reporter. I reporter robot sono balzati agli onori della cronaca negli ultimi anni perché la Associated Press (AP) li utilizza per scrivere pezzi di routine sull'economia e lo sport. Il mio software non era dentro un robot (non ce n'era bisogno, nonostante io non sia contraria all'idea), né ha scritto degli articoli in mia vece (come sopra). Era invece un'applicazione completamente nuova di un'intelligenza artificiale vecchia scuola che aiutava a scoprire interessanti informazioni nascoste. Una delle scoperte più sorprendenti di questa indagi-