



PierLuigi Albini

24. Labirinti di lettura

IV. La speranza del bruco. Una prospettiva storico-biologica

*La questione se un computer può pensare
è analoga a quella se un sottomarino può nuotare.*
Edsgar Dijkstra, informatico olandese

7. Esercizi tecno/scientifici di previsione – 2

Non abbiamo finito di occuparci delle previsioni tecnico/scientifiche sul futuro, perché ci sono ancora un libro e alcune informazioni supplementari che vale la pena di esaminare.



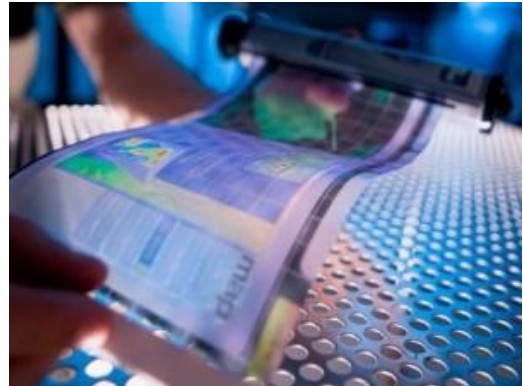
Il libro è *Fisica del futuro*, del fisico teorico Michio Kaku [Torino, Codice, 2012], che è uno dei massimi teorici della teoria delle stringhe. Kaku esplora le tecnologie a gruppi e ne distribuisce le previsioni di sviluppo su tre finestre temporali: futuro prossimo (fino al 2030), futuro a medio termine (dal 2030 al 2070) e futuro remoto (dal 2070 al 2100), talvolta lasciandosi andare alla suggestione di tempi davvero più remoti, ma organizzandole in modo realistico su una scala decrescente di probabilità. Di sicuro, non si può dire che questo sia un libro di fantasia né di un visionario. Certo, è un tipo eccentrico che sul suo [sito](#) vende persino t-shirt con la sua immagine trapunta di stelle, ma nessuno degli sviluppi tecnologici immaginati dall'autore confligge con le leggi fisico-chimiche e tutte le previsioni a breve termine si basano su ricerche e sperimentazioni in corso. Tra l'altro, ci fornisce anche qualche indicazione sulle tecnologie che sono ormai alle soglie

dell'immissione sul mercato. Per esempio, gli schermi flessibili e arrotolabili che potranno non solo tappezzare le pareti di casa ma anche, ripiegati, trovare posto in una tasca (elettronica indossabile) grazie all'uso del grafene. E proprio in queste ultime settimane uno studio su *Science* fa il punto della situazione e ci conferma le previsioni di Kaku sulla costruzione di display arrotolabili, grazie alle nanotecnologie.

Certo, le chiavi di lettura dei processi culturali e socio-politici utilizzate dall'autore per immaginare il futuro sono a tratti piuttosto semplificate e, in certi passaggi, persino banali, confermando così che se è relativamente più agevole fare della futurologia tecnologica, immaginare il futuro delle società umane è ben più complesso. Nell'esaminare le forze in campo su scala mondiale, scrive che "il mondo di oggi è caratterizzato da due tendenze opposte: una mira a creare una civiltà planetaria tollerante, scientifica e prospera; l'altra è al servizio di un'anarchia e di un'ignoranza che potrebbero squarciare il nostro tessuto sociale". Si

può leggere in vari modi questa affermazione, per esempio che le forze scatenate e irresponsabili dei mercati finanziari e un modello di sviluppo che rischia di farci andare a sbattere contro limiti insuperabili delle risorse disponibili, militano a favore dell'anarchia e dell'ignoranza.

Però mi sembra quanto meno problematico affidare alla tecnologia, come in un passo del libro viene fatto, la possibilità di rinverdire la palingenesi del *crollo del capitalismo* grazie alle nanotecnologie e alla possibilità di costruire macchine replicanti e autoreplicanti. Queste macchine sarebbero teoricamente in grado di costruire, a partire dagli elementi di base, qualsiasi cosa si ordinasse loro di fabbricare attraverso un apposito programma. E poiché i costi sarebbero estremamente bassi e la diffusione della tecnologia sarebbe diventata di massa, ecco il possibile quadro futuro che l'autore



ne trae. “La distribuzione della ricchezza è un'altra modalità con cui la società definisce se stessa. Il feudalesimo si fondava sulla preservazione della ricchezza da parte di un manipolo di aristocratici a spese dei contadini, ridotti in povertà. Nell'era del capitalismo si ritiene che le persone energiche e produttive possano essere premiate per il proprio lavoro avviando imprese che le rendano ricche. Se però individui pigri e assolutamente improduttivi potessero ottenere tutto ciò che vogliono quasi gratuitamente premendo un pulsante, il concetto di capitalismo crollerebbe all'istante. L'invenzione di un replicatore manderebbe tutto all'aria, stravolgendo le relazioni umane: scomparirebbe infatti ogni differenza tra l'avere e il non avere, e con questa il concetto di status e di potere politico”. Una via tecnologica al marxismo? Così sembrerebbe, anche nella ripetizione di una vulgata teorica inficiata dall'assenza di una fondata *teoria del potere*, che ha preso in considerazione solo dati socio-economici, tralasciandone i fondamenti evolucionistici. Come hanno ampiamente documentato Frans de Wall [[La scimmia che siamo](#), Milano, Garzanti, 2006] e altri, anche tra tutti i primati, comprese dunque le scimmie antropomorfe, esiste una politica e una gestione del potere e persino *costituzioni/convenzioni* da rispettare, sia da parte dei dominati sia da parte del maschio alfa: altro che estinzione dello Stato! Del resto, in certo qual modo curiosamente, Kaku mette lui stesso in campo la variabile incognita sul comportamento umano che definisce come “il principio dell'uomo delle caverne” e cioè la robusta e ineliminabile persistenza di un retaggio psichico derivante dai nostri primitivi progenitori, anche se l'autore ne circoscrive l'analisi allo sviluppo delle capacità di comunicazione e alle persistenti e moltiplicabili tendenze all'intrattenimento, alla stampa scandalistica e al gossip. A meno che, osserva l'autore, non si riesca “a modificare geneticamente la nostra personalità”.

Vale la pena di sintetizzare il percorso sviluppato nel libro perché si tratta di una struttura espositiva molto chiara, che può anche funzionare da controcanto ad alcune tesi che verranno esaminate del prossimo capitolo sulla *singularità*.

Il futuro dei computer è stato ampiamente scandagliato in migliaia di saggi, le previsioni si sprecano e, come abbiamo visto nel precedente [Labirinto](#), per alcuni saranno lo strumento principale per l'avvento della *singularità*. Ma la rassegna di Kaku è interessante per i profani dell'elettronica anche per un altro motivo e cioè per la previsione della fine della [legge di Moore](#). Ora, il meccanismo per cui ogni diciotto mesi si raddoppia la potenza di calcolo – e che ha funzionato perfettamente a partire dagli anni sessanta - si bloccherà all'incirca dopo il 2020. Sulla base della tecnologia del silicio i computer non aumenteranno più di potenza. Fine della loro continua sostituzione, crisi economica del settore con conseguenze immaginabili e fine dei sogni di questa tecnologia di poter emulare il cervello umano. La ragione è molto semplice e non si tratta di una profezia bensì dei limiti dettati dalle leggi fisiche e che gli stessi fisici hanno segnalato da diverso tempo. Attualmente i circuiti sui wafer di silicio vengono inci-

si attraverso i raggi ultravioletti, riuscendo così a stipare su un chip milioni di transistor. Ma la più bassa lunghezza d'onda dell'ultravioletto è di dieci nanometri (un miliardesimo di metro; oggi siamo ai 32 nanometri commercializzati dalla Intel) e “ciò significa che il più piccolo transistor che è possibile incidere avrà un diametro di circa trenta atomi”. Si può persino ipotizzare che sia possibile costruire un chip su un atomo o di riuscire ad usare i troppo potenti raggi X, ma a queste scale dimensionali prende il sopravvento la fisica quantistica, con la conseguente incontrollabilità degli elettroni. Se si vuole approfondire l'argomento, si legga l'articolo di Livio Baldi e Gianfranco Cerofolini [La legge di Moore e lo sviluppo dei circuiti integrati](#). I limiti insuperabili della tecnologia del silicio potranno tuttavia essere scavalcati con altre tecnologie, alcune sono già attualmente testate. Si parla di computer ottici, di computer a punti quantici, di computer a DNA e di altri materiali e nanotecnologie che sembrano promettenti. Mentre scriviamo, giunge la notizia che un team italiano del CNR e dell'Università di Pisa ha messo a punto una tecnica per controllare sistemi a scala quantistica che permette di manovrare un insieme di atomi senza alterarne lo stato energetico, e non in un tempo infinito, come prevedono le equazioni quantistiche. La possibilità di aggirare l'ostacolo era stata teorizzata da un fisico inglese, ma ora è stata messa a punto la tecnica che ne dimostra la fattibilità, sia pure ancora su scala di laboratorio. Tutto ciò potrebbe davvero rendere realizzabili i computer quantistici.

In ogni caso, la potenza di calcolo non potrà più raddoppiare ogni diciotto mesi, l'accrescimento esponenziale della potenza di calcolo subirà un rallentamento sensibile, almeno per un tempo ora non quantificabile. Scontando questi processi, le prospettive sono comunque notevoli. Dalla guida automatica e sicura dei mezzi di trasporto individuali e collettivi (già sono in commercio auto avanzate a guida assistita e entro dieci anni saranno commercializzate quelle che si [guidano da sé](#)), ai già segnalati schermi flessibili e alla carta da parati elettronica, dall'immersione totale in mondi virtuali, alla realtà aumentata (gli occhiali [Project Glass](#) della Google saranno in vendita entro la fine del 2012), alla scansione automatica del nostro corpo per individuare ciò che non va, all'uso di farmaci e micro macchine in grado di circolare nel sangue, le tecnologie per realizzare tutto ciò non sono più avveniristiche e in molti casi sono già in corso di sperimentazione.

Dopo la metà del secolo si può ipotizzare, non eccedendo in fantasia, visto che in alcuni casi già si stanno ottenendo risultati strabilianti, che il contatto diretto tra cervello e computer potrà essere pienamente operante. La scansione dei nostri pensieri (e dei sogni), dapprima affidata a macchinari complessi, potrà essere compiuta – sulla base di una tecnologia già sperimentale – attraverso un apparecchio non più grande di un cellulare attuale. Tutto questo solleva ovviamente problemi etici e giuridici di rilievo, tanto che l'autore riporta una dichiarazione di David Baltimore, premio Nobel ed ex presidente del *California Institute of Technology* (Caltech): “Possiamo davvero curiosare nei pensieri degli altri? [...] Non penso si tratti di mera fantascienza, ma rischiamo di ritrovarci a vivere in una realtà infernale. Immaginiamo cosa potrebbe diventare corteggiare qualcuno che possa leggere i nostri pensieri, oppure negoziare per un contratto se la controparte fosse dotata di un potere del genere!” Non è un caso che sia stato già finanziato il progetto [Law and Neuroscience](#) per stabilire l'affidabilità in ambito giudiziario delle nuove tecnologie già oggi esistenti (la famosa *macchina della verità* è ormai un reperto archeologico). Nel caso della lettura del pensiero con strumenti portatili si possono però immaginare una serie di leggi, di prescrizioni etiche e di contromisure che blocchino l'accesso alla nostra mente: si prospetta in futuro una nuova frontiera della guerra degli *hackers*? In ogni caso, la tecnologia derivante dai computer avanzerà anche su altri fronti: dagli schermi inseriti nelle nostre lenti, agli ologrammi in 3D, alla realizzazione di un traduttore universale portatile; dall'uso di un *tricoder* di dimensioni molto ridotte e di grandi prestazioni per scansionare il nostro stato di salute (ricordate *Star Trek*?), alla visionaria telecinesi, che è però già presente in alcuni piccoli giocattoli che, rilevando attraverso degli elettrodi gli impulsi elettrici del nostro cervello, si sollevano.

Sul futuro dell'Intelligenza Artificiale l'autore parte dall'allarme lanciato nell'annua-

le conferenze di [Asilomar](#), in cui esperti e scienziati si interrogano sui problemi che pongono le nuove tecnologie. Nel 2009 i convenuti si sono chiesti se e quando le macchine sarebbero diventate più intelligenti degli umani.

Naturalmente i campi si sono subito divisi tra *tecnovisionari* e scienziati più cauti. Ovviamente già oggi le prestazioni dei robot sono di diversi ordini di grandezza superiori ai primi tentativi di costruzione, ma se il famoso *Asimo* giapponese può parlare diverse lingue, salire e scendere le scale e andare a prendere su richiesta un succo di frutta, tuttavia tutti i suoi movimenti debbono essere programmati in anticipo, altrimenti, muovendosi in un ambiente sconosciuto, andrebbe a sbattere ovunque. E questo è il primo problema tuttora insoluto dei robot, ossia la capacità di riconoscere le forme, una facoltà che ha impiegato centinaia di milioni di anni di evoluzione per affermarsi. Il secondo



[Tricoder sanitario della CrunchWear](#)

problema è che “i robot non dispongono di buon senso”. C’è stato un tempo in cui l’intelligenza umana veniva assimilata al funzionamento di un computer e anche se oggi è abbastanza acclarato, grazie ai grandi progressi delle neuroscienze, che il cervello non funziona come un computer, si stanno facendo notevoli progressi attraverso l’evoluzione dei sistemi esperti e dei software che consentono alle macchine di *imparare* dall’esperienza o di costruire se stessi, come nel caso degli *algoritmi genetici*, che però funzionano sotto controllo umano. Ma, certo, si tratterà di una intelligenza diversa dalla nostra, visto che – come abbiamo già detto – noi non siamo una mente disincarnata e il nostro pensiero è il pensiero di *tutto il corpo* e non del solo cervello. “Nel nostro cervello – osserva l’autore – non c’è un processore, né un sistema operativo, un software, una CPU o una programmazione particolare e tantomeno funziona secondo le tipiche procedure dei moderni computer”. Insomma, ce ne corre un bel po’ prima di poter pensare a un’autocoscienza delle macchine, se essa nasce in primo luogo dalla nostra dotazione di neuroni specchio e dalla loro capacità di evolversi e di adattarsi, nonché dalle interazioni che dalla nascita in poi abbiamo con i nostri simili, come autorevolmente sostiene il neuroscienziato Marco Iacoboni in [I neuroni specchio. Come capiamo ciò che fanno gli altri](#) [Torino, Bollati Boringhieri, 2012]. Ciò premesso e specialmente se riusciremo ad imitare un po’ di più i processi naturali, non ci sono dubbi che l’evoluzione tecnologica ci porterà a sistemi robotici capaci di prestazioni straordinarie, sia in sala operatoria, sia in cucina, sia altrove; e si potranno anche costruire robot modulari in grado di autoassemblarsi in diverse configurazioni, a seconda delle necessità. Forse, dalle prime esperienze positive già in corso si potranno sviluppare robot emotivi: “non riusciremo a parlargli in modo colloquiale, ma comprenderanno gli ordini per cui sono stati programmati, che potranno essere diverse centinaia”. Intanto, una rassegna stampa [Arrivano i Robot](#) del 2010, a cura della [Fondazione Giannino Bassetti](#), ha fatto il punto sulle più recenti novità sperimentali in fatto di costruzione di robot, che cominciano a porre anche problemi di roboetica.

“[na48](#), intervistata da una giornalista del *New York Times*, Bina48 è un robot progettato da David Hanson, della Hanson Robotics, le cui fattezze riproducono quelle di una persona realmente esistente. La giornalista le chiede opinioni sull’intelligenza artificiale, sull’amicizia e la invita a esprimere le proprie emozioni. Bina48 risponde a tutte le domande, mostrando anche un certo senso dell’umorismo (è dotata di un sistema che, collegandosi a internet, è in grado di trovare le risposte). Di lei ha parlato anche [La Stampa](#).

[I robot-maestri](#), il *New York Times* propone una panoramica su alcuni robot progettati per interagire con bambini e ragazzi impartendo insegnamenti di base. Alcuni di questi ([Rubi](#), in particolare) sono stati pensati anche per aiutare i bambini autistici.

Kindy e i robot bambini una serie di robot progettati dai ricercatori dell'Università di Osaka, in Giappone, capaci di riprodurre i movimenti e le espressioni facciali di un bambino di circa due anni. Obiettivo degli scienziati è creare macchine capaci di interagire in modo naturale con gli esseri umani.

Autom, il personal trainer sviluppato al MIT di Boston per conto di una società di Hong Kong, è un robot che aiuta chi vuole perdere peso a programmare e rispettare la dieta. I test, effettuati su 45 volontari, hanno mostrato che il maggior coinvolgimento emotivo determinato dall'interazione con il robot è effettivamente utile a chi fa fatica a rispettare le ristrettezze alimentari. Di Autom ha parlato anche *La Stampa*.

Paro, la piccola foca per anziani sviluppata da un'azienda giapponese, la piccola foca robot è già stata adottata in alcune case di riposo per anziani e in centri per reduci di guerra. Paro è dotata di sensori per la luce, la temperatura, il suono e le sensazioni tattili ed è in grado di percepire anche la postura. Questo le consente di muoversi con una certa naturalezza, riproducendo le movenze di una piccola foca e di interagire con gli umani. La *CNN* l'ha ripresa in azione con gli anziani. Paro è stata anche al centro di un progetto dell'*Università di Siena* che ha coinvolto bambini con deficit cognitivi di vario tipo e anziani.

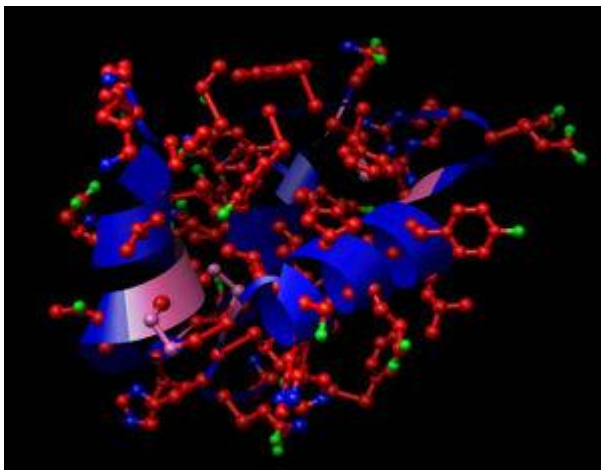
Nao, il robot che si emoziona sviluppato all'Università dell'Hertfordshire (Gran Bretagna) da ricercatori di otto Paesi europei, Nao è un robot programmato per avere le capacità emotive di un bambino di circa un anno, ed è dunque capace di reagire in modo coerente a stimoli di tipo emotivo. A seconda di ciò che fanno gli umani che interagiscono con lui, Nao mostra allegria o tristezza, si spaventa o si mostra intraprendente. Secondo i suoi ideatori potrebbe aiutare i bambini ricoverati negli ospedali a superare lo stress. Ne ha parlato la *BBC*.

C'è **Saya** alla reception sviluppata all'Università di Tokyo, Saya potrebbe lavorare nella reception di un hotel, ma secondo i suoi ideatori sarebbe anche un'ottima insegnante di scienze. La robot capisce 300 parole, può fornire circa 700 risposte e il suo volto è mosso da 27 muscoli artificiali (la mimica facciale però risulta ancora piuttosto limitata, come si vede nel filmato).”

Dopo la metà del secolo – scrive Kaku - potrebbe giungere a compimento la tecnica del *reverse engineering* applicata al cervello, ossia la simulazione progressiva delle prestazioni mentali su potenti computer, a partire dai singoli neuroni. La mappatura (non invasiva) del cervello, attualmente permessa da diverse tecnologie, ha tuttora una risoluzione insoddisfacente, ma una recente tecnica optogenetica può addirittura permettere il controllo del comportamento animale. Naturalmente l'obiettivo finale di queste sperimentazioni è di riuscire a replicare l'intero cervello umano, ma sarebbe necessario un computer ventimila volte più potente di quelli attuali e “cinquecento volte superiore all'intera capacità attuale di Internet”. Tuttavia, già sono in funzione computer molto avanzati che sono arrivati a simulare il funzionamento dell'1% della corteccia cerebrale umana, per cui “è realistico pensare che ci avvicineremo a un tale obiettivo un passo alla volta, e che per completare quest'impresa storica potrebbero volerci decenni”. Per avere un'idea della grandezza dell'ambizioso obiettivo che la scienza si propone di raggiungere, basta pensare che nel cervello umano ci sono all'incirca cento miliardi di neuroni e che le connessioni sinaptiche sono dell'ordine di un milione di miliardi. Questo vuol dire che il numero dei possibili circuiti sinaptici sarebbe un dieci seguito da un milione di zeri! Non è un caso che il cervello umano sia considerato l'oggetto più complesso conosciuto dell'universo. I processori attuali viaggiano verso il miliardo di transistor per chip. Peraltro, esistono anche altre tecniche che vengono usate per rilevare la posizione di un singolo neurone all'interno del cervello. Quando e se il processo sarà completato e saremo stati in grado di interpretare l'enorme accumulo di dati prodotti, si potrà porre davvero il problema se le macchine possano prendere il sopravvento: ma si tratterà pur sempre di una intelligenza *aliena*. Questo è, forse, il futuro remoto. Ma se sul concetto di coscienza (e autocoscienza) ancora non si è trovata una definizione accettata, dovendo peraltro liberarci da retaggi culturali che hanno accumulato nei secoli pregiudizi e false credenze, non c'è più alcun dubbio che essa non rappresenti un “qualcosa” di separato dal processo evolutivo, tanto che si possono individuare in natura diversi gradi di *coscienza*; nominare il Sé – come appare sempre

più chiaramente nelle neuroscienze – è un modo convenzionale di esprimersi. “L’evoluzione ha rabberciato a casaccio una serie di tecniche che chiamiamo coscienza” – scrive l’autore. D’altra parte, il Sé non è una struttura compatta, ma una specie di luogo geometrico astratto di diverse interrelazioni neuronali, non presenti alla nascita, co-costruite attraverso l’esperienza e il confronto con *l’altro*. Kaku ci ricorda che qualsiasi ricercatore in Intelligenza Artificiale (IA), di fronte alla domanda su come potrebbe accadere che le macchine acquistino consapevolezza di sé, alza “le braccia al cielo e azzarda a dire che una qualche rete di computer molto vasta finirà con il mostrare i *fenomeni emergenti*, più o meno come talvolta l’ordine scaturisce spontaneamente dal caos”. Perciò, saremmo davvero cauti nel pronosticare il possibile avvento di macchine autocoscienti, a meno che non si trovi un sistema artificiale in cui la socialità tra robot, dotati di chip imitativi in grado di evolversi, si possa coniugare a cure *materne e paterne* di loro simili, a partire dall’accensione dei chip o di quel che sarà. Può anche darsi che le ricerche sui [materiali riconfigurabili](#), di cui abbiamo parlato nel precedente [Labirinto](#), rappresentino un primo timido passo in questa direzione, ma è troppo presto per dirlo.

Tuttavia, senza immergerci in scenari fantascientifici, non è troppo presto, come abbiamo visto nel precedente capitolo, per occuparsi seriamente di roboetica scegliendo di potenziare una IA amichevole piuttosto che quella distruttiva attualmente finanziata dai militari. La strada dello sviluppo dell’IA, infatti, è molto promettente da molti punti di vista, a cominciare dalla costruzione di protesi artificiali per finire allo stesso potenziamento dell’intelligenza umana attraverso forme di simbiosi con sistemi computerizzati avanzati; in fondo si tratterebbe di rendere più maneggevole ed efficiente, nonché davvero portatile, l’attuale correlazione tra le attività umane e la rete.



[AzioneBiotech](#), molecola dell’insulina

Il campo delle medicina e della biologia è quello che già oggi richiede la riformulazione di una parte dell’etica, compito – fra i tanti altri – in cui si è in fortissimo ritardo nel nostro Paese. Dall’avvento della medicina genomica, in grado di prevenire l’insorgenza di malattie attraverso la sostituzione di geni difettosi, alla coltivazione in vitro, per mezzo delle cellule staminali, di parti dei nostri organi al fine di sostituire quelli danneggiati, siamo ormai sulla soglia di quella che l’autore chiama la terza epoca della medicina. Dopo quella, durata migliaia di anni, delle arti magiche, dei rimedi empirici e delle ricette segrete, c’è

stata la rivoluzione medica dei due secoli passati che è pervenuta a risultati straordinari in termini di capacità curative e di allungamento della vita umana. Ora è il tempo di una scienza medica molecolare che fonde fisica, biologia, ingegneria e medicina e di cui non ripercorriamo qui la lista dei successi e delle promesse. Ma non si tratta solo di speranze, molte delle tecniche di intervento nuove sono già una realtà e spesso si tratta *soltanto* di un problema di organizzazione della società per una loro più ampia diffusione.

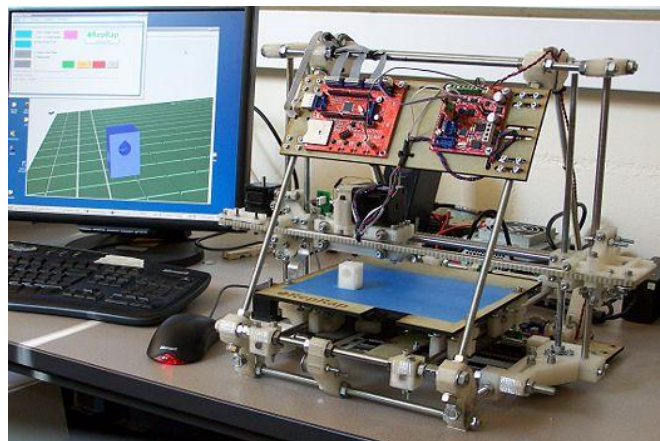
Il primo organismo transgenico è stato creato nel 1978 per produrre l’insulina necessaria nella cura del diabete. Verso la metà del secolo le terapie geniche diventeranno tecnica corrente e “gli scienziati saranno non solo in grado di riparare i geni danneggiati, ma anche di perfezionarli e migliorarli”. Come si capisce bene, tutto un armamentario ideologico-religioso, ormai invecchiato, rischia di impegnarci in una battaglia di retroguardia, danneggiando la capacità, da un lato, di usufruire di tecniche più avanzate e, dall’altro, impedendo che si possano mettere a fuoco i veri problemi per controllare usi impropri e/o dannosi della tecnoscienza. La casuistica gesuita, oggi largamente applicata in Italia, diverrà im

praticabile di fronte all'irruzione di tecniche che hanno a che fare con lo *stare bene*, anche dal punto di vista dell'invecchiamento. Gli effetti dell'evoluzione darwiniana (ma ne riparleremo) saranno ulteriormente sterilizzati, come sostiene il biofisico Gregory Stock nel suo libro [Riprogettare gli esseri umani: l'impatto dell'ingegneria genetica nel destino biologico della nostra specie](#) [Milano, Orme, 2005]. Le biopolitiche guadagneranno sempre di più il centro dell'attenzione e diventeranno terreno di scontro non meno acceso delle politiche economiche. Pensiamo solo al fatto che si potrebbero creare nuove forme di vita, a parte le fantasie sulla clonazione umana. Come è noto, già oggi è possibile creare organismi nuovi, non semplicemente modificati, a livello batterico: uno si chiama [Mycoplasma laboratorium](#), a parte lo scarso latino usato.

Secondo Kaku, verso i due terzi del secolo, si potrà dilatare in modo impensabile la durata della vita e, forse, persino invertire l'invecchiamento. Segnaliamo che qualche risultato nell'inversione del processo di invecchiamento nei topi è già stato ottenuto all'Università di Harvard. Le conseguenze sociopolitiche e demografiche di tutto ciò sono difficilmente immaginabili. "Nessuno sa cosa potrà derivarne. Ritardare il processo di invecchiamento ha infatti molte implicazioni di carattere sociale". Si andrà in pensione a centoventi anni? In un'intervista, [Aubrey de Grey](#), biogerontologo del progetto SENS (*Strategies for Engineered Negligible Senescence*) e consulente del *Singularity Institute* di Ray Kurzweil, [dichiara](#): "[...] sento di poter dare una stima qualificata di quanto ci metteremo ad ottenere la V.F.L. [velocità di fuga della longevità], quando davvero non moriremo più per cause legate all'invecchiamento. Tuttavia, è una stima molto aperta, speculativa. Penso che abbiamo un 50% di possibilità di farcela entro 25 o 30 anni, se avremo i finanziamenti necessari, nei prossimi 10 anni, per dimostrare la fattibilità del concetto. Ma se saremo sfortunati e scopriremo nuovi ostacoli di cui non sospettavamo l'esistenza, potrebbero ben volerci 100 anni. Per me questo non è un problema, perché con il 50% di possibilità di successo vale comunque la pena di provarci."

Le nanotecnologie sono una delle tre tecnologie – assieme all'*information technology* e alla biologia – la cui convergenza ha già cominciato a produrre quella che preannuncia come un vero e proprio passaggio d'epoca. Anche Kaku fa riferimento al [Rapporto sulle Nanotecnologie](#) del National Science Foundation, presentato nel 2010 al Presidente e al Congresso degli USA, di cui abbiamo già parlato. Ma si può leggere anche il documento della Commissione europea [La nanotecnologia. Innovazione per il mondo del domani](#) del 2004

La cosa interessante da segnalare è che verso la metà del secolo sarà possibile *modellare la materia*, a partire dagli atomi, attraverso lo sviluppo delle stampanti 3D. Per la verità, la modellizzazione in campo biologico è già iniziata; per esempio, la società [Organovo](#) in California ha costruito una [stampante 3D](#) che crea tessuti umani. Il suo obiettivo è di riuscire a creare organi completi per i trapianti, senza rigetto perché sarebbero coltivati con le cellule dello stesso paziente. Sono anche [già in commercio](#) diverse altre macchine che usano differenti tecnologie 3D, ma la frontiera su cui sta lavorando la scienza è quella della creazione di chip intelligenti della dimensione di un granello di polvere, immaginando di sfruttare così una materia programmabile "per cambiare concretamente la forma di un oggetto solido, proprio come accade nella fantascienza. [...] E ciò significa che un'ampia gamma di prodotti di consumo si ridurrebbe infine a software scaricabile via internet. Invece che far viaggiare un



Stampante 3D da tavolo [Mendel](#)

furgone che ci recapiti a domicilio mobili nuovi, basterebbe fare un download dalla rete e riciclare i prodotti che abbiamo già in casa”.

Il Santo Graal di questo filone scientifico è la costruzione di un replicatore di dimensioni atomiche, a cui abbiamo già accennato, di cui si sta discutendo la fattibilità anche in relazione alle leggi fisiche. Secondo lo scomparso premio Nobel [Richard Smalley](#), scopritore del fullerene, la forza di Van der Waals, quella cioè che attraverso la forza debole degli elettroni permette agli atomi di rimanere incollati gli uni agli altri, impedirebbe di poter maneggiare gli atomi, alle nano-scale necessarie, perché le “dita” usate (ossia gli strumenti di presa e di manipolazione) si incollerebbero alla materia: insomma si tratterebbe di dita *appiccicose* o troppo *grasse*. In buona sostanza, un assemblatore molecolare dovrebbe essere ben più sofisticato di quanto si immagina: [qui](#) si può ripercorrere il dibattito tra Dexler e Smalley. Però – fa notare Kaku – madre natura ha già risolto il problema trasformando le molecole a livello di DNA e utilizzando gli enzimi; perciò, non è impossibile pensare a una tecnologia in grado di fare all'incirca la stessa cosa attraverso processi di auto assemblaggio, che già oggi sono in corso di sperimentazione. Anzi, è recente la notizia che attraverso una certa combinazione di atomi e molecole sia possibile costruire nano strutture funzionali ordinate, regolate “secondo fasi gerarchiche”.

Abbiamo accennato all'inizio ai problemi che si porrebbero dal punto di vista dell'assetto sociale delle società umane se replicatori e autoreplicatori potessero diventare realtà, per non dire dei rischi a cui si andrebbe incontro se gli autoreplicatori sfuggissero al controllo convertendo in poco tempo la Terra in una materia *gray goo*, ossia in un *fanghiglia grigia e appiccicosa*. Comunque, in via teorica, tutti questi problemi sarebbero risolti dal concetto ammissibile di un automa quantistico: “*automa* perché è caratterizzato da leggi dinamiche ben precise (deterministiche), *quantistico* in quanto gode di funzioni e capacità strettamente compatibili (consistenti, non contraddittorie) con le leggi della fisica quantistica ed evolve secondo esse in modo automatico” – ha osservato il fisico teorico Mario Rasetti nel suo intervento in una delle edizioni del Laboratorio di lettura *Fondamenta di Venezia: Futuro necessario*. E lo potrebbe fare utilizzando il principio della sovrapposizione quantistica (*entangled*).

Del futuro dell'energia abbiamo già parlato nel precedente Labirinto e Kaku non aggiunge molto a quanto già sappiamo, se non sottolineare che, comunque si valutino le riserve esistenti del petrolio, il costo di estrazione continuerà a crescere, così come continuerà a salire il prezzo medio. L'economia dovrà per forza convertirsi alle energie rinnovabili. Solare, idrogeno, eolico saranno le tecnologie che registreranno un maggiore sviluppo, risolvendo anche i problemi dell'attuale bassa resa (attualmente per il fotovoltaico si è arrivati in laboratorio al 21% di efficienza). Il [Massachusetts Institute of Technology](#) (MIT), ha presentato ora una nuova configurazione a colonna di celle solari che ne aumentano enormemente l'efficienza, limitando drasticamente la necessità di spazio. Più in prospettiva potrebbero forse avverarsi le promesse fusione nucleare, secondo una delle tecnologie oggi in via di sperimentazione e, forse, la raccolta diretta dell'energia solare nello spazio e il suo invio sulla Terra. In ogni caso la questione del cambiamento climatico - anche per Kaku – diventerà drammatica attorno alla metà di questo secolo, tanto da spingerlo a passare in rassegna i rimedi tecnici possibili. In buona sostanza, immagina uno sviluppo della georingegneria, settore oggetto di vivaci discussione a causa degli altissimi costi degli interventi, dei risultati solo teoricamente previsti e degli effetti collaterali non prevedibili: non esiste un modello delle dimensioni della Terra su cui effettuare gli esperimenti preliminari. Non a caso, nel 2010 si è tenuta l'annuale conferenza di [Asilomar](#) sulle tecnologie di intervento sul clima, che si è conclusa con la dichiarazione che non si hanno ancora sufficienti conoscenze sui rischi connessi ai vari metodi di intervento, sia per la loro efficacia, sia per gli effetti collaterali. Perciò è indispensabile continuare le ricerche. È nel futuro remoto, ossia dal 2070 al 2100, che l'autore sembra riporre maggiore fiducia, cioè con il possibile avvento dell'*era del magnetismo*. C'è un però: i recenti materiali ceramici con cui è possibile la superconduttività debbono comunque essere raffreddati a -135,15 gradi centigradi, che è una temperatura molto alta rispet

to ai -269,15 gradi centigradi del mercurio con cui avvenne nel 1911 la scoperta della superconduttività, ma è comunque una temperatura tale da richiedere apparati di refrigerazione. Comunque già esistono applicazioni pratiche, ma per una diffusione tale da modificare gli assetti economici e sociali servirebbero dei materiali superconduttori a temperatura ambiente. Solo allora si potrebbe davvero pensare a treni e automobili a levitazione magnetica che non soffrano l'attrito. Sembra però – è notizia recente – che sia stata trovata una chiave per realizzare forse la superconduttività a [temperatura ambiente](#): si tratterebbe di riuscire a ingegnerizzare il meccanismo trovato.

Il futuro dei viaggi spaziali potrebbero subire la prevista accelerazione con la costruzione di una base lunare permanente e, oltre la metà del secolo, sarà forse possibile realizzare una missione umana su Marte. I problemi sono solo tecnologici (e economici) ma c'è bisogno di nuovi sistemi di propulsione dei razzi, perché quelli a carburante chimico hanno dei limiti insuperabili, oltre ad essere pericolosi. Le proposte non mancano: dalla costruzione delle vele solari ai razzi a propulsione nucleare, dai motori a fusione alla costruzione di nano astronavi. Comunque, se entro il 2100 saremo riusciti a inviare esseri umani su Marte, non per questo le nuove colonie marziane potranno alleggerire i problemi della Terra.

Gli ultimi due capitoli del libro sono dedicati al futuro dell'umanità e della ricchezza, e alla rivoluzione economica prodotta dalle nuove tecnologie e dal progresso scientifico, di cui abbiamo in parte parlato all'inizio. L'autore si lascia andare a previsioni, alcune delle quali potrebbero essere realistiche. Ma, come abbiamo scritto nel precedente [Labirinto](#), le previsioni di carattere sociale difficilmente sono attendibili, se non per segnalare rischi e problemi e evitare così di essere colti di sorpresa. Per avere l'opinione di un noto futurologo, l'autore intervista Jamais Cascio della [Worldchanging](#), un'organizzazione no-profit che si dedica a trovare e suggerire soluzioni per i problemi futuri del pianeta. Anche per Cascio le tecnologie future creeranno una tale sovrabbondanza di beni da rendere inutile il lavoro umano, almeno come fatica fisica. Gli effetti sociali ed economici si evolveranno verso un nuovo rinascimento sociale nel quale si potrà affermare lo spirito creativo, senza timori di fallimenti economici.

Sembra una previsione molto gradevole ma, se fosse giusta, il problema starebbe tutto nelle tragedie sicuramente da attraversare per arrivarci. Si può sperare che abbia ragione l'ottimismo di Cascio quanto, in un seminario da lui tenuto per le [TED Conversations](#), osserva che la crescente complessità del mondo lo obbliga a sviluppare un *potere adattativo*, ossia più collaborativo che conflittuale.

Su come la pensa Kaku in conclusione, vale la pena di riportare le sue un po' enfatiche osservazioni finali: “Il futuro è dunque un enorme treno merci che sfreccia verso di noi, spinto dal sudore e dalla fatica di migliaia di scienziati al lavoro nei loro laboratori. Possiamo sentire il suo fischio sussurrarci: “Biotecnologie, intelligenza artificiale, nanotecnologie, telecomunicazioni...”. Alcuni pensano di non esserne all'altezza, e dicono: “Sono troppo vecchio per imparare queste cose. Mi sdraierò per terra e lascerò che il treno mi investa”. Al contrario, i giovani e le persone ambiziose e piene di energia dicono: “Fatemi salire su quel treno! È il mio futuro, è il mio destino. Lasciatemelo guidare!”.

8. Singolarità

Secondo i sostenitori, il concetto di *singolarità* rappresenta uno spartiacque antropologico (qualcosa di molto più ampio e profondo del termine “epocale”), come abbiamo scritto nel precedente [Labirinto](#). Abbiamo già passato in rassegna suggestioni e limiti delle teorie di Kurzweil sulle quali torneremo tra poco. Ora va precisato che il termine di *singolarità* è preso in prestito dall'astrofisica per descrivere la soglia catastrofica di un buco nero, di cui non è possibile descrivere ciò che accade all'interno. È utilizzato anche nell'analisi matematica e nella geometria algebrica. È stato [Vernor Vinge](#), scrittore di fantascienza e matematico - ma è stato usato da altri prima di lui, con diverse accezioni - a estendere il termine alla rivoluzione tecno-scientifica che dovrebbe accadere in un futuro più o meno prossimo. Vinge, avendo già u

sato il termine in un romanzo di fantascienza del 1986 (*I naufraghi del tempo*), impressionato dagli enormi progressi realizzati dalla scienza e dalla tecnologia nei campi più disparati, scrisse un articolo nel 1983 e poi, nel 1993, il saggio *The Coming Technological Singularity*, presentato a un convegno della Nasa. Vinge sosteneva che entro i successivi trent'anni si sarebbe realizzata l'intelligenza super umana. In realtà, egli era più problematico di Kurzweil osservando che la singolarità era una *possibilità*, però aggiungeva che “se la Singolarità tecnologica è possibile, essa si realizzerà”. Questo vero e proprio salto della condizione umana avrebbe potuto dipendere da diverse modalità di realizzazione dell'Intelligenza Artificiale, come l'automazione della coppia uomo/computer, la simbiosi uomo/computer nell'arte e nei tornei di scacchi, la creazione di interfacce “senza obbligare l'utilizzatore ad essere in un posto specifico”, lo sviluppo di sistemi decisionali, la messa in rete di computer per gruppi umani e altre tecnologie in ambiti diversi dell'attività umana. Come si può vedere, non si tratta di linee tecnologiche particolarmente fantasiose, alcune sono già oggi realtà. In sostanza, le tre chiavi di accesso alla *singolarità* per Vinge sarebbero consistite:

1. Nell'improvviso risveglio dei “grandi network di computer e dei loro utilizzatori, che potrebbero divenire entità dotate di intelligenza super-umana”;
2. nel divenire delle interfacce “fra computer e esseri umani” così complete “da offrire agli utilizzatori un livello di intelligenza super-umano”;
3. nel fatto che le “scienze biologiche potrebbero fornire i mezzi per incrementare l'intelletto naturale umano.

Le previsioni di Vinge erano molto focalizzate, ma aggiungeva che “un evento di questo genere può ragionevolmente essere descritto come una singolarità. [...] È un momento in cui i nostri vecchi modelli della realtà devono essere abbandonati e siamo confrontati da una nuova realtà, un momento la cui sagoma crescerà sempre più sull'orizzonte degli esseri umani fino a quando il concetto diverrà d'uso comune. Eppure, quando si verificherà, potrebbe ugualmente essere una grossa sorpresa e un'ancor più grossa incognita. Negli anni '50 pochissimi se ne resero conto: [Stanislaw Ulam](#) ha parafrasato [John von Neumann](#), dicendo: “Una situazione condizionata dalla continua accelerazione del progresso tecnologico e del cambiamento dei modelli della vita umana, che pare avvicinarsi ad una qualche singolarità, fondamentale nella storia della razza umana e oltre la quale le vicende umane non possono continuare nella forma che conosciamo”.”

Da allora si è sviluppato un vero e proprio movimento di approfondimento, diffusione e sostegno all'avvento prossimo futuro della *singolarità*, che conta associazioni, teorici accademici e divulgatori; ma si sono diffusi anche allarmi e previsioni catastrofiche, che non riguardano più la fantascienza, ma riescono a incidere, con varie sfumature, nel dibattito techno scientifico.

Secondo Max More, co-fondatore dell'[Extropy Institute](#), che potremmo definire come una delle punte di lancia del movimento più deciso a sostenere una visione ottimistica del futuro grazie al grande sviluppo delle tecnologie, esistono ormai almeno tre versioni della *singolarità*, a parte l'uso scientifico del termine. In questa vecchia [intervista](#), tradotta da [Estropico](#), le riassume così:

“1. Questa singolarità include la nozione di un “muro impenetrabile” o “orizzonte di previsione”, cioè un orizzonte oltre il quale non è possibile fare previsioni utili circa il futuro. Il ritmo del cambiamento è così veloce che le nostre menti umane non possono nemmeno immaginare come potrebbe essere la vita post-Singolarità. Molti pensano che ciò possa accadere ad un punto specifico nel futuro, a volte stimato intorno al 2035, cioè quando ci si aspetta che I.A. e nanotecnologia saranno pienamente realizzati. Tuttavia, la definizione della Singolarità basata su questo “orizzonte di previsione” non richiede tale presupposto. Più il progresso accelera, più si accorcia il numero di anni per il quale è possibile fare previsioni. Ma mentre progrediamo, l'orizzonte di previsione stesso si sposta sempre più in là, sebbene probabilmente si riduca in termini di anni. Quindi, questa definizione potrebbe essere divisa in

due parti, una che si concentra su una data specifica per un orizzonte di previsione e una che invece accetta un orizzonte di previsione in continuo movimento. Un motivo per scegliere una data specifica, è che l'emergere della super-intelligenza sarà una singolarità, un momento di rottura istantanea con tutte le regole del passato.

2. Potremmo chiamare questa versione la Singolarità dell'I.A. o singolarità alla Moravec, poiché assomiglia molto alla visione dell'esperto di robotica [Hans Moravec](#). In questo tipo di singolarità, gli esseri umani non hanno un posto garantito. La singolarità è guidata da un I.A. super-intelligente che si evolve rapidamente dal proprio predecessore, cioè un I.A. dall'intelligenza equivalente a quella di un essere umano. Tali entità saranno prive delle limitazioni intrinseche nell'"hardware" degli esseri umani e si lasceranno alle spalle gli esseri umani in un'accelerazione inarrestabile. In alcune versioni più ottimiste di questo tipo di singolarità, le I.A. super-intelligenti e benevole innalzano gli esseri umani al loro livello con l'uploading.

3. In questa versione della singolarità, siamo trasportati in un'era transumana e postumana da un'ondata di progresso. Questa visione, nonostante sia diversa da quelle precedenti nella relativa enfasi, è compatibile con la versione della singolarità numero 1 e con il suo orizzonte di previsione mobile. In questa versione della singolarità (chiamiamola "a onda") il tasso di cambiamento non deve necessariamente raggiungere una crescita infinita (cioè una singolarità matematica). In questa versione, il progresso tecnologico continuerà ad accelerare, ma forse non con la velocità suggerita da alcune proiezioni. Velocemente, insomma, ma non abbastanza da trasformare la condizione umana in modo discontinuo. Questa potrebbe essere definita come una singolarità per due motivi: in primo luogo, sarebbe una transizione storicamente breve dalla condizione umana ad una condizione post-umana dove gli individui non sono soggetti all'invecchiamento, sono dotati di super-intelligenza e del totale controllo sul proprio corpo e sulla propria mente. Tale spettacolare transizione, sebbene non sia matematicamente istantanea, significherà una rottura senza precedenti con il passato. In secondo luogo, poiché lo stato post-umano (esso stesso in continua evoluzione) sarà così radicalmente differente dallo stato umano, esso sarà probabilmente incomprensibile, in gran parte se non completamente, agli esseri umani così come siamo oggi. Contrariamente ad alcune altre versioni della singolarità, questa versione consente l'esistenza di popolazioni contemporanee in fasi diverse lungo il percorso verso la post-umanità e consente inoltre la possibilità di diventare post-umani in una serie di tappe, invece che tutto d'un tratto. Per esempio, penso sia ragionevole supporre che otterremo la super-longevità prima della super-intelligenza."

Abbiamo visto che per Ray Kurzweil la *singolarità* "è un periodo futuro in cui il ritmo del cambiamento tecnologico sarà così rapido e il suo impatto così profondo, che la vita umana ne sarà trasformata in modo irreversibile". Le tre aree tecnoscientifiche capaci di portare alla fusione "tra il nostro pensiero e la nostra esistenza biologica con la nostra tecnologia" sono l'ingegneria genetica, le nanotecnologie e l'intelligenza artificiale nella sua versione forte; il risultato sarebbe "un mondo ancora umano ma che trascenderà le nostre radici biologiche". In altra parte, sempre Kurzweil scrive che "l'intelligenza non-biologica avrà accesso al proprio design e potrà migliorarsi in un ciclo sempre più veloce di riprogettazione. Arriveremo al punto in cui il progresso tecnologico sarà talmente rapido da essere incomprensibile per l'intelletto umano non incrementato. Quel momento contrassegnerà la singolarità."

Nel suo noto libro *La singolarità è vicina*, di cui abbiamo parlato nel precedente Labirinto, Kurzweil dedica cinque pagine al riassunto di una lunga serie di *principi* su cui si basa la sua previsione e che sviluppa poi nel prosieguo del testo. Tali principi o *dei ritorni accelerati*, possono essere [così schematizzati](#):

- " lo sviluppo applica le risposte positive, in quanto metodo migliore derivato da una fase di progresso. Queste risposte positive costituiscono la base per il successivo sviluppo;
- di conseguenza il tasso di progresso di un processo evolutivo aumenta esponenzialmente col tempo. Col tempo l'ordine di grandezza delle informazioni che vengono incluse nel processo di sviluppo aumenta;

- di conseguenza il guadagno in termini di tecnologia si incrementa esponenzialmente;
- in un altro ciclo di risposte positive, di un particolare processo evolutivo, queste vengono utilizzate come trampolino di lancio per un ulteriore progresso. Ciò provoca un secondo livello di sviluppo esponenziale e il processo di sviluppo esponenziale cresce esso stesso in maniera esponenziale;
- lo sviluppo biologico è anch'esso uno di tali sviluppi;
- lo sviluppo tecnologico fa parte di tale processo evolutivo. Effettivamente, la prima tecnologia che ha generato la specie ha costituito la base per lo sviluppo della tecnologia successiva: lo sviluppo tecnologico è una conseguenza ed una continuazione dello sviluppo biologico;
- un determinato paradigma (=metodo) (come per esempio l'aumento del numero di transistor sui circuiti integrati per rendere più potenti i calcolatori) garantisce crescita esponenziale fino a che non esaurisce il suo potenziale; dopo accade un cambiamento che permette allo sviluppo esponenziale di continuare”.

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, l'ultimo punto, quello della fine della legge di Moore - ossia il raddoppio della potenza di calcolo ogni diciotto mesi - è destinata a entrare in crisi tra qualche decennio. Se si sarà riusciti a passare a nuovi metodi costruttivi dei chip, o meglio, a un cambiamento radicale della composizione dei materiali e del software, allora la corsa all'incremento di potenza potrà continuare. In caso contrario sarà crisi, molto pesante e dagli esiti imprevedibili.

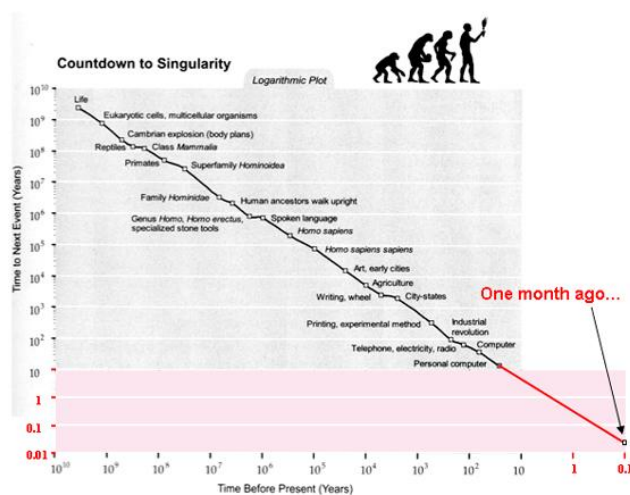
Se si vuole avere una sintetica idea delle tesi sostenute da Kurzweil, si veda questa intervista [La tecnologia dell'intelligenza universale](#), fatta da Melissa Hoffman nel 2008.

Sono però molte le critiche avanzate nei confronti di Kurzweil, e una delle più convincenti mostra attraverso dei grafici come la nozione di singolarità matematica illustrata da Kurzweil, basata sulla crescita esponenziale, risulti illusoria.

In un articolo riportato su [Technium](#) viene riportato un grafico di Kurzweil che illustra la crescita esponenziale della complessità, a partire dall'apparizione della vita e, in effetti, la rappresentazione appare davvero impressionante. Il problema è che la crescita esponenziale viene disegnata linearmente; oppure “può essere tracciata su un grafico log-log, che ha la crescita esponenziale costruita in asse del grafico, in modo che il decollo è una linea retta.” Ma, osserva l'autore dell'articolo, riportando un test grafico disegnato da altri “se si continua la curva ad oggi invece di fermarsi 30 anni fa, si vede qualcosa di strano.”

L'aggiunta della sezione rossa nel grafico, che non si ferma a trenta anni fa, “sorprendentemente suggerisce che la singolarità è ora”. In buona sostanza, con questo tipo di grafici, Benjamin Franklin, a fine Settecento, avrebbe potuto scrivere che la singolarità “è ora”. E così avverrebbe per tutte le altre invenzioni strategiche per lo sviluppo delle società umane. Per inciso, Franklin scrisse in una lettera del 1780: “È impossibile immaginare a quali altezze arriverà il controllo dell'uomo sulla materia nei prossimi mille anni. Forse impareremo a privare le grandi masse della loro gravità, conferendogli levità per il bene dei trasporti. L'agricoltura potrebbe richiedere la metà del lavoro e duplicare i raccolti: potremmo avere mezzi sicuri per prevenire e curare ogni malattia, compresa la stessa vecchiaia, e quindi allungare la nostra vita a piacere, ben oltre gli standard antediluviani”.

Tuttavia, il futurologo David Orban, in un [seminario tenutosi a Crema](#), nell'ambito dell'Università di Milano, ha contestato queste interpretazioni delle curve presentate da Kurzweil,



e anche la critica formulata da Roberto Vacca, apparsa nel 2005 su Nòva, l'inserto de *IlSole/24h*, [Proiezioni trionfali dell'intelligenza ibrida - la singolarità imminente di Ray Kurzweil](#). Vacca afferma in buona sostanza che le proiezioni esponenziali adottate da Kurzweil sono ingannevoli: "Qui osservo che è sempre stato smentito chi ha creduto di aver individuato processi esponenziali. Malthus e i rovinografi degli anni '70 paventavano la crescita demografica esponenziale, ma io notavo in *Medioevo Prossimo Venturo* che tale ipotesi implicherebbe fra 2000 anni una popolazione mondiale di 150.000 miliardi e fra 8000 anni una densità di 600 milioni di abitanti per metro quadrato. Oggi calcoliamo che la crescita demografica frena e in questo secolo dovrebbe arrestarsi a circa 11 miliardi. Non possono esistere, dunque, crescite esponenziali indefinite: riempirebbero l'universo. Kurzweil ugualmente elenca una lunga serie di progressi che evolverebbero (mentre i costi unitari relativi crollano) sempre esponenzialmente. Fra questi: la densità delle memorie RAM, la velocità e il numero dei transistor dei microprocessori, le dimensioni delle memorie magnetiche, il numero di host su Internet. Il libro non dà equazioni atte a definire le curve riportate per questi processi: senza equazioni non si possono individuare meccanismi quantitativi nemmeno empirici. Spesso si trova che le curve che per certi tratti paiono esponenziali, sono invece logistiche a S che, dopo una crescita veloce, rallentano e tendono a un asintoto finito. Ho analizzato molti dei dati riportati. In genere, erano affetti da rumore tale da non permettere la definizione di equazioni. Però nel caso della crescita del numero di host su Internet ho trovato che i dati si adattano a una logistica che dal valore di 170 milioni (2002) mira a raggiungere verso il 2015 un asintoto di 610 milioni. L'errore standard è solo di 0,016 - la previsione è plausibile".

Vacca aggiunge anche, avendo consultato uno dei massimi esperti del ramo, che la ricostruzione dettagliata del nostro cervello è ben lontana dall'essere possibile: "I modelli del funzionamento del cervello continuano a migliorare, ma sono ancora primitivi. C'è molta strada da fare per combinare le nostre capacità mentali con quelle dei computer che sono milioni di miliardi di volte più veloci e atti a condividere conoscenza". Oltre a ciò, non sembra plausibile il parallelo che viene fatto fra l'accelerazione dell'evoluzione biologica e quella della *Information and Communication Technology (ICT)*.

Anche il futurologo [Jamais Cascio](#), pur partecipando alla [Singularity University](#) fondata da Kurzweil, è molto prudente nel giudicare il concetto e le prospettive della *singolarità* così come sono stati elaborati e diffusi. Conviene riportare la sua dichiarazione rilasciata in una recente [intervista](#): "È qualcosa su cui esito a pronunciarmi, per il semplice fatto che la natura della Singolarità è qualcosa del tipo: "Ma che diamine!?" Ma definiamo pure la società che otterremo dopo l'arrivo di queste tecnologie trasformatrici come una società post-trasformazione. Bene, la società che verrà dopo si baserà sulla società che c'era prima. Sembrerà banale, ma è importante ricordarlo perché nelle discussioni su questi argomenti - specialmente con i cosiddetti Transumanisti Singolaritari o come si comunque si vogliono chiamare - è in auge una posizione tecno-determinista, stando alla quale, una volta che avremo ottenuto la fabbricazione molecolare, il mondo cambierà perché o avremo la democrazia, o il mondo sarà cambiato dal rischio esistenziale di un'apocalisse, ignorando l'impatto del mondo che ha portato allo sviluppo di tali tecnologie. Ma il mondo post-fabbricazione molecolare (FM) sarà pro-democrazia se e solo se nel mondo precedente l'arrivo della FM questo trend si sarà già manifestato, se cioè ci saremo già mossi verso una maggiore democratizzazione. Il mondo post-FM sarà blindato e imbrigliato dal *digital rights management*, o dal *molecular rights management*, una frase, quest'ultima, che dovrei brevettare! Dicevo, sarà imbrigliato da lucchetti, se questi preesistevano alla tecnologia. Assistiamo ad un vero scontro, oggi, tra coloro che vogliono aprire il futuro e coloro che vogliono chiuderlo, regolarlo, controllarlo. E tengo a precisare che quando dico "regolarlo" non intendo "gestirlo in modo sicuro e responsabile". Mi riferisco al controllo su chi può avere accesso al futuro e chi no. Io sposo decisamente la causa del futuro aperto. Mi aspetterei che la maggior parte delle persone qui concordino con me. Ma temo anche che ben poche persone si siano prese il tempo di riflettere sulle diverse implicazioni di un mondo aperto o chiuso, e quanto questo condi-

zioni la direzione che il mondo prenderà dopo che queste tecnologie trasformative saranno arrivate”.

La questione della *singolarità* viene affrontata anche da Kaku nel libro esaminato nel precedente capitolo, in cui prova a disegnare una sua versione della *singolarità*, mentre rimane prudente nel giudicare le idee di Kurzweil, anche dopo averlo intervistato. Secondo Kaku, potrebbe essere sviluppata una Intelligenza Artificiale *amichevole*, per quanto ci siano molti dubbi, visto l'interesse dei militari per il settore. Forse un'altra linea tecnologica potrà riguardare la costruzione di robot in cui siano fusi sistemi biologici ed elettronici. In ogni caso, non è sufficiente parlare della sola crescita esponenziale della potenza di calcolo - che è peraltro dubbio che possa continuare a crescere con i ritmi attuali. A parte il fatto che un computer delle dimensioni necessarie per emulare teoricamente un cervello umano consumerebbe oggi l'energia prodotta da una centrale nucleare, mentre il cervello umano consuma solo 20 watt, dotarlo di un'enorme potenza di calcolo “non implicherebbe necessariamente che sia più intelligente di noi”. Come nel caso di Deep Blue dell'IBM, che ha battuto a scacchi il campione mondiale umano di scacchi: “la vera intelligenza comporta ben più che prevedere le possibili mosse dell'avversario”. Infine, “probabilmente non assisteremo mai a un big bang della coscienza delle macchine [...], se includiamo nella coscienza la capacità di fare progetti per il futuro attraverso simulazioni dello stesso, allora abbiamo una serie di livelli di coscienza. Le macchine risaliranno lentamente la scala evolutiva, concedendoci tutto il tempo necessario per prepararci all'evento, che ritengo accadrà soltanto verso la fine del secolo”. Per esempio, ci sono pochi dubbi che il continuo miglioramento delle tecnologie per interconnettere i robot potranno portare in un prossimo futuro alla situazione descritta nel 2004 da Fiorella Operto in [Robot: il corpo e l'anima](#): “ Non è lontano un futuro in cui una fabbrica automatizzata, popolata di robot cooperanti, potrà essere vista come un unico grande organismo artificiale, una macchina che digerisce materie prime e produce cose utili all'uomo. Questo insieme di macchine, che potrà ricordare il modo di funzionare di un formicaio, è infatti un *sistema*, nel senso cibernetico del termine, dove lo scambio continuo di informazioni tra i vari robot rende possibile un livello di coordinazione, e quindi di cooperazione, che compensa la minore intelligenza dei singoli robot, raggiungendo livelli di efficienza competitivi con quelli di un'analogia squadra di uomini ben addestrati. In questo senso vediamo quindi come lo sviluppo delle comunicazioni genera un'espansione del concetto di Robotica in cui la rete non è più solo un supporto per comprare robot o per teleoperare robot, ma anche uno strumento per realizzare robot più complessi. E quando la rete non sarà più soltanto una rete di calcolatori ma una rete di robot, e avrà quindi occhi, orecchie e mani, sarà diventata anch'essa un robot: sarà forse *il robot finale* che a volte appare nelle previsioni dei futurologi.”

In attesa della maturazione di questi processi, osserviamo, sarebbe necessario preoccuparci di più delle possibili e già realizzate macchine “intelligenti” per uso militare, dalle progettate guardie di frontiera coreane in grado di sparare, ai robot israeliani che possono far esplodere cariche esplosive. Ormai sono utilizzati robot da combattimento in grado di prendere decisioni semi-autonome e non a caso, riferiva John Markiff, sul NewYork Times dell'ormai lontano 29 luglio 2009, gli scienziati erano già preoccupati della possibile minaccia per l'umanità, se sfuggissero al controllo, magari a causa di un virus informatico. Certo, è una buona notizia per gli impieghi civili il fatto che il MIT stia progettando la possibilità di costruire dei “[robot-fai-da-te](#)”, in cui, avendo identificato il problema da risolvere (in genere domestico), ci si potrà rivolgere a un negozio per l'acquisto di componenti standard per costruirsi uno.

Indicazioni bibliografiche e sitografiche



- [Asilomar](#), Conferenze
- Andrea Bai, [Il MIT pensa al robot-fai-da-te](#), in businessmagazine, 2012
- Livio Baldi e Gianfranco Cerofolini [La legge di Moore e lo sviluppo dei circuiti integrati](#), Mondo digitale, 3, settembre 2002
- Jamais Cascio, [Worldchanging](#) e [intervista](#), in Estropico
- Aubrey de Grey, [Wikipedia](#); [intervista](#), in Estropico; [Ideas for hanging the orld](#)
- Frans de Wall, [La scimmia che siamo](#), Milano, Garzanti, 2006
- Fondazione Giannino Bassetti, [Arrivano i robot](#), 2 settembre 2010 [con video]
- Commissione europea, [La nanotecnologia. Innovazione per il mondo del domani](#), 2004
- Lauren Gravitz, [Stampando muscoli](#), in technologyreview italia, n. 1, gennaio/febbraio 2012
- Marco Iacoboni, [I neuroni specchio. Come capiamo ciò che fanno gli altri](#), Torino, Bollati Boringhieri, 2012
- Michio Kaku, [Fisica del futuro. Come la scienza cambierà il destino dell'umanità e la nostra vita quotidiana entro il 2100](#), Torino, Codice edizioni, 2012
- Ray Kurzweil, [La singolarità è vicina](#), Milano, Apogeo, 2008
- Ray Kurzweil, [La tecnologia dell'intelligenza universale](#), in [Innernet](#), 2008
- [Law and Neuroscience](#), Project
- [LeScienze News](#), materiali riconfigurabili
- [Massachusetts Institute of Technology](#), nuova configurazione di celle solari
- Max More, [Sulla singolarità tecnologica](#), in [Estropico](#)
- [MK, Michio Kaku homepage](#)
- National Science Foundation, [Report to the President and Congress on the Third Assessment of National Nanotechnology Initiative](#), 2010
- Antonella Olivari, [Fisica su Science con una nuova scoperta sui superconduttori](#), Studi e Ricerche, aprile 2012 [su [Science](#) del 30 marzo 2012]
- Fiorella Operto, [Robot: il corpo e l'anima](#), in Fondazione Giannino Bassetti, 17 maggio 2004
- David Orban, [Sulla singolarità tecnologica](#), in Estropico
- Mario Rasetti, [Materia che pensa, materia che vive](#), in Futuro necessario, Fondamenta, Venezia, 1999 [fuori commercio]
- [Science](#), sul grafene
- Richard Smalley, [Wikipedia](#)
- Gregory Stock, [Riprogettare gli esseri umani: l'impatto dell'ingegneria genetica nel destino biologico della nostra specie](#), Milano, Orme, 2005
- The Technium, [The Singularity Is Always Near](#)
- Roberto Vacca, [Proiezioni trionfali dell'intelligenza ibrida - la singolarità imminente di Ray Kurzweil](#), in [IlSole/24h Nòva](#), 20 gennaio 2005
- Craig Venter, video su [Mycoplasma laboratorium](#)
- Vernor Vinge, [La singolarità tecnologica](#), in Estropico
- [Wikipedia](#), legge di Moore
- [Wikipedia](#), stampanti 3d low-cost
- [Wikipedia](#), Singolarità tecnologica