

## Le sei epoche

Tutti prendono i limiti della loro visione per i limiti del mondo.

– Arthur Schopenhauer

Non so esattamente quando mi sono reso conto per la prima volta della Singolarità. Direi che è stato una sorta di risveglio progressivo. Nel mezzo secolo circa in cui sono stato immerso nelle tecnologie dell'informatica e dei settori collegati, ho cercato di capire il significato e il fine di quel continuo ampliamento di cui sono stato testimone a molti livelli. Gradualmente sono diventato consapevole di un evento di profonda trasformazione che ci aspetta nella prima metà del Ventunesimo secolo. Come un buco nero nello spazio altera drasticamente le configurazioni di materia ed energia che accelerano verso il suo orizzonte degli eventi, questa Singolarità che incombe nel nostro futuro sta trasformando sempre più ogni istituzione e ogni aspetto della vita umana, dalla sessualità alla spiritualità.

Che cos'è, dunque, 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. Né utopica né distopica, quest'epoca trasformerà i concetti su cui ci basiamo per dare un significato alle nostre vite, dai nostri modelli di business al ciclo della vita umana, inclusa la stessa morte. Una comprensione della Singolarità modificherà la nostra prospettiva sul significato del nostro passato e le ramificazioni per il nostro futuro. Se la si intende a pieno, la visione che ciascuno ha della vita in generale, e della propria in particolare, non può che cambiare. Chi capisce la Singolarità e ha riflettuto sulle sue conseguenze per la propria vita è un "singolaritariano"<sup>1</sup>.

Posso capire perché molti non condividano facilmente le ovvie conseguenze di quella che ho chiamato la legge dei ritorni accelerati

(l'inevitabile accelerazione del ritmo dell'evoluzione, con l'evoluzione tecnologica come continuazione di quella biologica). In fin dei conti, mi ci sono voluti quarant'anni per riuscire a vedere quello che mi stava proprio davanti agli occhi, e non posso dire ancora di sentirmi del tutto a mio agio con tutte le sue conseguenze.

L'idea chiave alla base della Singolarità incombente è che il ritmo di trasformazione della tecnologia creata dagli uomini sta accelerando e che la sua potenza cresce a velocità esponenziale. La crescita esponenziale inganna. All'inizio è quasi impercettibile, poi esplose con furia inattesa – inattesa, se non ci si dà cura di seguirne la traiettoria. (Si veda il grafico della Figura 1.1 che mette a confronto crescita esponenziale e lineare.)

Prendete questa storia: il proprietario di un lago vuole stare a casa per prendersi cura dei pesci del lago e fare in modo che il lago stesso non si copra di ninfee, che si dice raddoppino di numero ogni pochi giorni. Mese dopo mese, aspetta con pazienza, ma si vedono solo piccole chiazze di ninfee, e non sembra che si espandano in modo apprezzabile. Le ninfee coprono meno dell'1 per cento del lago, e il proprietario immagina che non ci sia pericolo a prendersi una vacanza, così se ne va con la famiglia.

Quando ritorna, poche settimane dopo, rimane sconvolto al vedere che il lago è coperto di ninfee e che i suoi pesci sono morti. Poiché raddoppiavano di numero ogni pochi giorni, sono stati sufficienti gli ultimi sette raddoppi per estendere la copertura delle ninfee su tutto il lago. (Sette raddoppi hanno esteso la loro copertura di 128 volte.) Questa è la natura della crescita esponenziale.

Gary Kasparov nel 1992 si faceva beffe dello stato patetico dei programmi per giocare a scacchi; ma il costante raddoppio della potenza di calcolo ogni anno ha fatto sì che passassero solo cinque anni prima che un computer riuscisse a batterlo<sup>2</sup>. L'elenco dei modi in cui oggi i computer possono superare le capacità umane cresce rapidamente. Inoltre, le applicazioni dell'intelligenza automatica, un tempo ristrette, si stanno estendendo gradualmente da un tipo di attività all'altra. Per esempio, i computer interpretano elettrocardiogrammi e immagini mediche, fanno volare e atterrare aerei, controllano le decisioni tattiche di armi automatiche, prendono decisioni in materia di credito e finanza e hanno la responsabilità di molte altre attività che una volta richiedevano l'intelligenza umana. Le prestazioni di questi sistemi si basano sempre più sull'integrazione di vari tipi di intelligenza artificiale (AI). Finché ci sarà qualche fallimento dell'AI in qualcuna di queste aree, gli scettici indicheranno quel campo come una roccaforte inespugnabile della permanente superiorità umana rispetto alle capacità delle nostre stesse creazioni.

Questo libro sosterrà, invece, che nell'arco di qualche decennio le tecnologie basate sull'informazione racchiuderanno tutta la conoscenza e tutte le abilità umane, e alla fine includeranno le capacità di riconoscimento di forme, le abilità nella soluzione di problemi e l'intelligenza emotiva e morale dello stesso cervello umano.

Per quanto impressionante sotto molti aspetti, il cervello ha alcune limitazioni gravi. Usiamo il suo parallelismo massiccio (centomila miliardi di connessioni interneuronali che sono in funzione simultaneamente) per riconoscere configurazioni molto particolari. Ma il nostro pensiero è estremamente lento: le transazioni neuronali fondamentali sono di parecchi milioni di volte più lente degli attuali circuiti elettronici, perciò la nostra ampiezza di banda fisiologica per l'elaborazione di nuove informazioni è estremamente limitata, paragonata alla crescita esponenziale della base di conoscenza umana in generale.

I nostri organismi biologici (versione 1.0) sono altrettanto fragili e soggetti a una miriade di modalità di guasto, per non parlare dei complicati rituali di manutenzione di cui hanno bisogno. L'intelligenza umana qualche volta è in grado di sollevarsi ad altezze vertiginose con la sua creatività ed espressività, ma in gran parte il pensiero umano è derivato, di piccolo cabotaggio e circoscritto.

La Singolarità ci permetterà di superare queste limitazioni dei nostri corpi e cervelli biologici. Acquisiremo potere sul nostro stesso destino. La nostra mortalità sarà nelle nostre mani. Saremo in grado di vivere quanto vorremo (una cosa un po' diversa dal dire che vivremo per sempre). Capiremo a fondo il pensiero umano e ne estenderemo ed espanderemo enormemente il dominio.

Alla fine di questo secolo, la parte non-biologica della nostra intelligenza sarà miliardi di miliardi di volte più potente dell'intelligenza umana priva di ausili.

Siamo nelle prime fasi di questa transizione. L'accelerazione della deriva paradigmatica (la velocità a cui modifichiamo i nostri approcci tecnici fondamentali) così come la crescita esponenziale delle capacità della tecnologia dell'informazione stanno entrambe avvicinandosi al "gomito della curva", la fase in cui la tendenza esponenziale diventa apprezzabile. Subito dopo questa fase, la tendenza diventa rapidamente esplosiva. Prima della metà del secolo, la pendenza della curva di crescita della nostra tecnologia (che non sarà più separabile da noi stessi) sarà così elevata da sembrare sostanzialmente verticale. Da un punto di vista strettamente matematico, i tassi di crescita saranno ancora finiti, ma così elevati che i cambiamenti che ne deriveranno sembreranno strappare il tessuto della storia umana. Questa, almeno, sarà la prospettiva dell'umanità biologica priva di ausili.

La Singolarità rappresenterà il culmine della fusione fra il nostro pensiero e la nostra esistenza biologica con la nostra tecnologia, che darà un mondo ancora umano ma che trascenderà le nostre radici biologiche. Dopo la Singolarità non ci sarà distinzione fra umano e macchina o fra realtà fisica e virtuale. Se vi chiedete che cosa resterà senza alcun dubbio umano in un mondo simile, sarà semplicemente questa qualità: la nostra è la specie che di per sé cerca di estendere il suo ambito d'azione fisico e mentale al di là delle limitazioni attuali.

Molti si fermano su quella che sentono come una perdita di qualche aspetto vitale della nostra umanità, come conseguenza di questa transizione. Questa prospettiva deriva però da un'incomprensione di quello che la nostra tecnologia diventerà. Tutte le macchine che abbiamo visto finora non hanno l'essenziale sottigliezza delle qualità biologiche umane.

La Singolarità ha molte facce, ma la sua conseguenza più importante è questa: la nostra tecnologia raggiungerà e poi supererà enormemente la finezza e la duttilità di quelli che consideriamo i migliori fra i tratti umani.

### *Vista lineare intuitiva e vista esponenziale storica*

Quando la prima intelligenza transumana sarà stata creata e si lancerà nell'automiglioramento ricorsivo, è probabile che si verifichi una discontinuità fondamentale, di cui non riesco nemmeno vagamente a prefigurare le caratteristiche.

– Michael Anissimov

Negli anni Cinquanta del Novecento John von Neumann, il famoso teorico dell'informazione, si racconta abbia detto che “il progresso della tecnologia, che continua ad accelerare... fa pensare che ci stiamo avvicinando a una qualche singolarità essenziale nella storia della nostra razza, al di là della quale le cose umane, come le conosciamo oggi, non potranno continuare”<sup>3</sup>.

Von Neumann metteva l'accento su due cose importanti: l'*accelerazione* e la *singolarità*. La prima idea è che il progresso umano sia esponenziale (cioè che cresca continuamente *moltiplicato* per una costante) anziché lineare (cioè che aumenti continuamente per *somma* di una costante).

La seconda è che la crescita esponenziale è seducente: inizia lentamente e praticamente inosservabile, ma al di là del gomito della curva diventa esplosiva e profondamente trasformativa. Abbiamo idee del

tutto sbagliate sul futuro. I nostri progenitori si aspettavano che fosse molto simile al loro presente, che a sua volta era stato molto simile al loro passato. Tendenze esponenziali esistevano mille anni fa, ma erano in quella fase iniziale in cui sono così piatte e così lente in cui è difficile addirittura accorgersi che sono tendenze. Di conseguenza, le attese di un futuro non diverso dal presente venivano soddisfatte. Oggi prevediamo un progresso tecnologico continuo e le ripercussioni sociali conseguenti: ma il futuro sarà molto più sorprendente di quel che la maggior parte delle persone pensa, perché pochi hanno veramente assimilato le conseguenze del fatto che la stessa velocità di cambiamento sta accelerando.

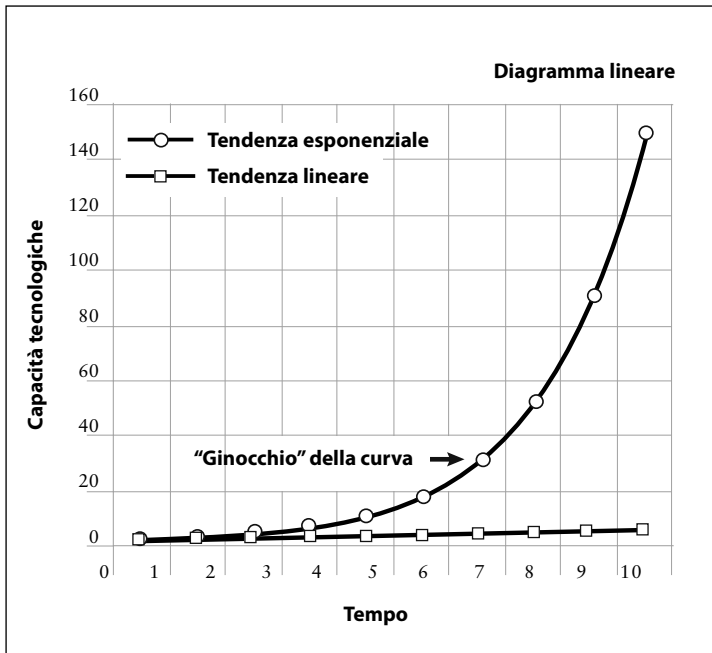


Figura 1.1 *Lineare ed esponenziale: la crescita lineare è regolare; la crescita esponenziale diventa esplosiva.*

Per la maggior parte, le previsioni di quel che sarà fattibile tecnicamente nel futuro sottostimano drasticamente la potenza degli sviluppi futuri perché si basano su quella che chiamo la concezione “lineare-intuitiva” della storia, invece che sulla concezione “esponenziale-storica”. I miei modelli dicono che ogni decennio la velocità a cui cambiamo i nostri paradigmi raddoppia, come vedremo nel prossimo capitolo. Nel corso del Ventesimo secolo il progresso è andato accele-

rando gradualmente fino a raggiungere la velocità attuale; i suoi risultati, quindi, erano pari a circa 20 anni di progresso al ritmo del 2000. Faremo altri venti anni di progresso in solo 14 anni (per il 2014) e poi lo stesso in soli sette anni. Per dirla in un altro modo, non vedremo un centinaio di anni di avanzamento tecnologico nel Ventunesimo secolo: vedremo nell'ordine di ventimila anni di progresso (sempre misurati in base alla velocità di progresso di oggi), cioè circa un migliaio di volte più di quel che è stato raggiunto nel Ventesimo secolo<sup>4</sup>.

Percezioni errate sulla forma del futuro si presentano spesso e in molti contesti diversi. Solo a titolo di esempio, in un dibattito a cui ho preso parte recentemente, sulla possibilità di produzione industriale a livello molecolare, uno degli intervenuti (un premio Nobel) ha sostenuto la scarsa importanza delle preoccupazioni per la sicurezza delle nanotecnologie, proclamando che “non vedremo entità autoreplicanti prodotte dalla nanotecnologia [cioè dispositivi costruiti frammento per frammento a livello molecolare] per un centinaio di anni”. Ho sostenuto a mia volta che cento anni erano una stima ragionevole, che effettivamente corrispondeva alla mia valutazione della quantità di progresso tecnico necessario per raggiungere quel particolare traguardo, misurato *al ritmo attuale del progresso* (cinque volte il ritmo di cambiamento medio che abbiamo avuto nel Ventesimo secolo). Dato però che la velocità di progresso raddoppia ogni decennio, vedremo l'equivalente di un secolo di progresso – *al ritmo di oggi* – in soli venticinque anni di calendario.

Allo stesso modo, al convegno “Future of Life” organizzato dalla rivista *Time* nel 2003 per celebrare il cinquantenario della scoperta della struttura del DNA, a tutti gli oratori invitati fu chiesto che cosa pensassero che avrebbero portato i cinquanta anni successivi<sup>5</sup>. Praticamente tutti considerarono il progresso dell'ultimo mezzo secolo e lo usarono come modello per i cinquanta anni successivi. James Watson, uno degli scopritori del DNA, per esempio, sostenne che fra cinquant'anni avremo farmaci che ci permetteranno di mangiare quanto vorremo senza guadagnare peso.

“Cinquant'anni?”, ho risposto io. Abbiamo già ottenuto questo risultato nei topi, bloccando il gene recettore dell'insulina dei grassi che controlla l'accumulo di grasso nelle cellule. Farmaci per l'uomo (con l'interferenza dell'RNA e altre tecniche di cui parleremo nel Capitolo 5) sono in via di sviluppo oggi e verranno sottoposti ai test della FDA tra non molti anni. Saranno disponibili fra cinque e dieci anni, non cinquanta. Altre proiezioni erano altrettanto miopi, riflettendo le priorità della ricerca contemporanea e non i cambiamenti profondi che ci porterà il prossimo mezzo secolo. Fra tutti i presenti al convegno, siamo stati principalmente Bill Joy e io a tener conto della natura

esponenziale del futuro, anche se Joy e io non siamo d'accordo sulle conseguenze di questi cambiamenti, come vedremo nel Capitolo 8.

Intuitivamente si assume che il ritmo di progresso attuale continui identico nel futuro. Anche per quelli che non sono vissuti abbastanza a lungo da sperimentare personalmente come il ritmo del cambiamento aumenti nel tempo, l'intuizione non messa alla prova lascia con l'impressione che il cambiamento si verifichi alla stessa velocità sperimentata nei tempi recenti. Dal punto di vista matematico, il motivo è che una curva esponenziale sembra una linea retta, quando viene presa in esame per un breve periodo solamente. Di conseguenza, anche commentatori raffinati, quando considerano il futuro, normalmente estrapolano il ritmo di cambiamento attuale per il decennio o il secolo a venire, per stabilire le loro attese. Per questo classifico questo modo di guardare il futuro come concezione "lineare-intuitiva".

Una valutazione seria della storia della tecnologia però ci dice che il cambiamento tecnologico è esponenziale. La crescita esponenziale è una caratteristica di qualsiasi processo evolutivo, di cui la tecnologia è un esempio primario. Si possono esaminare i dati in modi diversi, a scale temporali diverse, e per un'ampia gamma di tecnologie, dall'elettronica a quelle biologiche, così come per le loro conseguenze, che vanno dalla quantità di conoscenza umana alle dimensioni dell'economia. L'accelerazione del progresso e della crescita vale per tutte. In effetti, spesso non troviamo una crescita esponenziale semplice, bensì "doppia", nel senso che anche la velocità della crescita esponenziale (cioè, l'esponente) cresce a sua volta esponenzialmente (si veda per esempio la discussione sul rapporto prezzo-prestazioni delle apparecchiature di calcolo nel prossimo capitolo).

Molti scienziati e tecnici soffrono di quello che chiamo "pessimismo dello scienziato". Spesso sono così immersi nelle difficoltà e nella complessità dei dettagli di un problema che li affligge oggi che non riescono a valutare le conseguenze ultime di lungo periodo del loro lavoro, e il campo più ampio al cui interno lavorano. Allo stesso modo non tengono conto degli strumenti di gran lunga più potenti che avranno a disposizione a ogni nuova generazione tecnologica.

Per la loro stessa formazione, gli scienziati tendono a essere scettici, a parlare con cautela degli obiettivi della ricerca attuale e raramente si mettono a speculare al di là della generazione attuale di imprese scientifiche. Questo poteva essere un atteggiamento soddisfacente quando una generazione di scienza e tecnologia durava più di una generazione umana, ma non è nell'interesse sociale generale oggi, quando una generazione di progresso scientifico e tecnologico non va oltre pochi anni.

Pensate ai biochimici che, nel 1990, erano scettici sulla possibilità di trascrivere tutto il genoma umano in soli quindici anni. Avevano passato un anno intero a trascrivere solo un decimillesimo del genoma, perciò, anche tenendo conto di avanzamenti ragionevolmente prevedibili, a loro sembrava naturale che ci sarebbe voluto un secolo, se non più, prima che tutto il genoma potesse essere sequenziato.

Oppure pensate allo scetticismo che circolava alla metà degli anni Ottanta sulla possibilità che Internet diventasse un fenomeno significativo, dato che includeva solo poche decine di migliaia di nodi (server). In realtà, il numero dei nodi raddoppiava ogni anno, perciò era probabile che dieci anni più tardi ci fossero decine di milioni di nodi; ma la tendenza non venne colta da quanti si dovevano confrontare con la tecnologia del 1985, che ogni anno permetteva di aggiungere in tutto il mondo solo poche migliaia di nodi<sup>6</sup>.

Si ha un errore concettuale inverso quando si notano certi fenomeni esponenziali e se ne applica lo schema in maniera eccessivamente aggressiva senza valutarne effettivamente il ritmo di crescita. La crescita esponenziale prende velocità nel tempo, ma non è istantanea. La crescita del valore di capitale (cioè, dei prezzi delle azioni) durante la “bolla di Internet” e la relativa bolla delle telecomunicazioni (1997-2000) ha superato nettamente qualsiasi attesa ragionevole persino di crescita esponenziale. Come vedremo nel prossimo capitolo, l'adozione effettiva di Internet e dell'e-commerce presentava una crescita esponenziale regolare sia nella fase del boom che in quella di sgonfiamento della bolla; le attese di crescita enorme hanno influenzato solo le valutazioni del capitale (azioni). Abbiamo visto errori simili in occasione di altri cambiamenti di paradigma – per esempio, durante la prima epoca delle ferrovie (anni Trenta dell'Ottocento), quando l'equivalente del boom internetiano portò a una frenetica espansione delle ferrovie.

Un altro errore che si commette è quello di considerare le trasformazioni che risulteranno da una singola tendenza del mondo di oggi come se null'altro dovesse cambiare. Un buon esempio è la preoccupazione che l'estensione radicale della durata della nostra vita abbia come esiti la sovrappopolazione e l'esaurimento delle risorse materiali limitate necessarie per sostenere la vita umana, che ignorano la parimenti radicale creazione di ricchezza dalla nanotecnologia e dall'AI forte. Per esempio, negli anni Venti del nostro secolo, dispositivi di fabbricazione basati su nanotecnologie saranno in grado di creare quasi qualsiasi prodotto fisico a partire da materie prime poco costose e informazione.

Ci tengo a ribadire la divergenza fra la prospettiva lineare e quella esponenziale, perché qui si annida l'errore più grave che commet-



tono quanti formulano previsioni sulle tendenze future. La maggior parte delle previsioni tecnologiche ignora del tutto questa concezione esponenziale-storica del progresso tecnologico. In effetti, quasi tutte le persone che incontro hanno una concezione lineare del futuro. Per questo tendono a sopravvalutare quello che si può raggiungere nel breve tempo (perché si tende a escludere dettagli necessari) ma sotto-stimano quello che si può ottenere sul lungo periodo (perché ignorano la crescita esponenziale).

### *Le sei epoche*

Prima noi costruiamo gli strumenti, poi loro costruiscono noi.

– Marshall McLuhan

Il futuro non sarà come quel che era un tempo.

– Yogi Berra

L'evoluzione è un processo di creazione di configurazioni di ordine crescente. Parlerò del concetto di ordine nel prossimo capitolo: qui mi soffermerò sul concetto di configurazione (*pattern*). Credo che sia l'evoluzione di configurazioni a costituire, in ultima istanza, la storia del nostro mondo. L'evoluzione opera per via indiretta: ogni stadio o epoca usa i metodi di elaborazione dell'informazione tipici dell'epoca precedente per creare la successiva. La storia dell'evoluzione (biologica e tecnologica) si articola nella mia concettualizzazione in sei epoche. Come vedremo, la Singolarità inizierà con l'Epoca Quinta e si diffonderà dalla Terra al resto dell'universo nell'Epoca Sesta.

### Epoca Prima: fisica e chimica

Possiamo ricondurre le nostre origini a uno stato che rappresenta l'informazione nelle sue strutture fondamentali: configurazioni di materia ed energia. Secondo le teorie recenti della gravità quantistica, tempo e spazio si suddividono in quanti discreti, sostanzialmente frammenti di informazione. Si discute se la natura ultima di materia ed energia sia digitale o analogica ma, comunque si risolva questa questione, sappiamo che le strutture atomiche immagazzinano e rappresentano informazioni discrete.

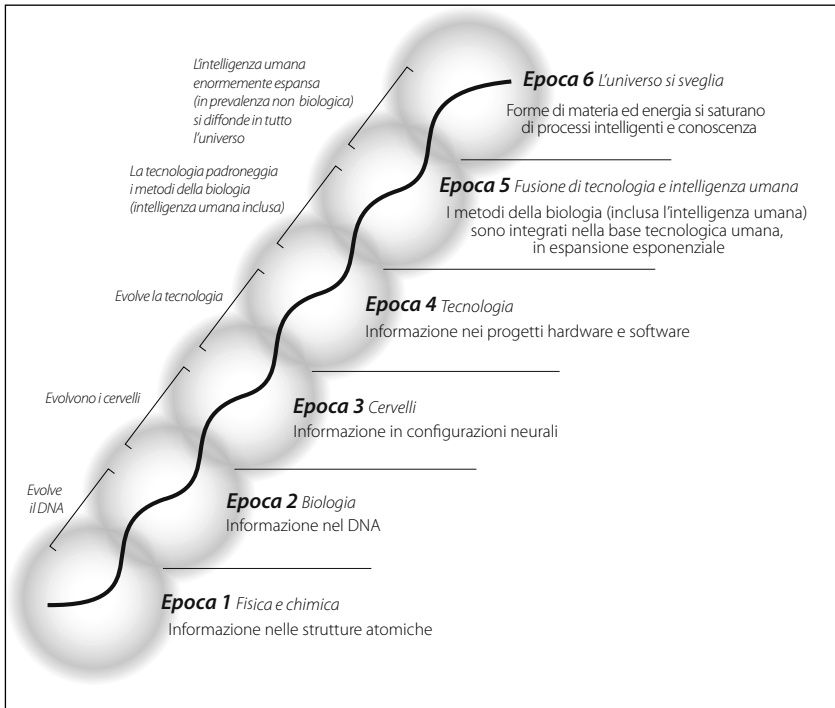
Qualche centinaio di migliaia di anni dopo il Big Bang, cominciano a formarsi gli atomi: gli elettroni vengono catturati in orbite

attorno a nuclei formati da protoni e neutroni. La struttura elettrica degli atomi li rende “appiccicosi”. La chimica è nata qualche milione di anni dopo, quando gli atomi hanno cominciato a raggrupparsi per creare strutture relativamente stabili, che chiamiamo molecole. Tra tutti gli elementi, il carbonio si è dimostrato il più versatile: può formare legami in quattro direzioni (mentre gli altri elementi al più in tre direzioni), dando luogo così a strutture tridimensionali complesse e ricche di informazione.

Le regole del nostro universo e l'equilibrio delle costanti fisiche che governano l'interazione delle forze fondamentali sono così squisitamente, delicatamente ed esattamente adatti per la codifica e l'evoluzione dell'informazione (con una complessità crescente come esito) che ci si chiede come abbia potuto verificarsi una situazione così straordinariamente improbabile. Qualcuno ci vede una mano divina, altri le nostre stesse mani – il principio antropico sostiene che solo in un universo che avesse consentito la nostra evoluzione avremmo potuto essere qui a farci queste domande<sup>7</sup>. Teorie fisiche recenti sulla molteplicità degli universi immaginano che si creino nuovi universi con regolarità, e che ciascuno abbia le sue regole, ma che per la maggior parte muoiano rapidamente o continuino senza l'evoluzione di configurazioni interessanti (come quelle che ha creato la biologia terrestre) perché le loro regole non rendono possibile l'evoluzione di forme sempre più complesse<sup>8</sup>. È difficile immaginare come mettere alla prova queste teorie dell'evoluzione applicate alla cosmologia primitiva, ma è chiaro che le leggi fisiche del nostro universo sono precisamente quelle che devono essere per consentire l'evoluzione di livelli crescenti di ordine e complessità<sup>9</sup>.

## Epoca Seconda: biologia e DNA

Nella seconda epoca, che ha avuto inizio vari miliardi di anni fa, i composti del carbonio sono diventati sempre più intricati, fino a che aggregati complessi di molecole hanno formato meccanismi di autoreplicazione, e così è nata la vita. Infine, i sistemi biologici hanno evoluto un meccanismo digitale preciso (il DNA) per conservare le informazioni che descrivono una società di molecole più grande. Questa molecola e tutto il suo macchinario di sostegno, fatto di codoni e ribosomi, ha consentito di mantenere una documentazione degli esperimenti evolutivi di questa seconda epoca.



**Figura 1.2** *Le sei epoche dell'evoluzione. L'evoluzione procede per via indiretta: crea una qualche capacità nuova e poi la usa per passare allo stadio successivo.*

## Epoca Terza: cervelli

Ogni epoca prosegue l'evoluzione dell'informazione attraverso un cambiamento di paradigma che porta a un livello ulteriore di "indirizione" (l'evoluzione, cioè, usa i risultati di un'epoca per creare la successiva). Per esempio, nella terza epoca, l'evoluzione guidata dal DNA ha prodotto organismi in grado di rilevare l'informazione con i loro organi sensoriali e di elaborarla e immagazzinarla nei loro cervelli e nei loro sistemi nervosi. Questo è stato reso possibile da meccanismi della seconda epoca (DNA e informazione epigenetica di proteine e frammenti di RNA che controllano l'espressione dei geni), che (indirettamente) hanno abilitato e definito meccanismi di elaborazione dell'informazione (cervelli e sistemi nervosi degli organismi) della terza epoca. Questa è iniziata quando gli animali hanno sviluppato la capacità di riconoscere configurazioni, capacità che ancora occupa la stragrande maggioranza dell'attività nei nostri cervelli<sup>10</sup>. Infine, la nostra stessa specie ha evoluto la capacità di creare modelli mentali

astratti del mondo che sperimentiamo e di analizzare le conseguenze razionali di quei modelli. Abbiamo la capacità di riprogettare il mondo nelle nostre menti e di mettere in atto quelle idee.

## Epoca Quarta: tecnologia

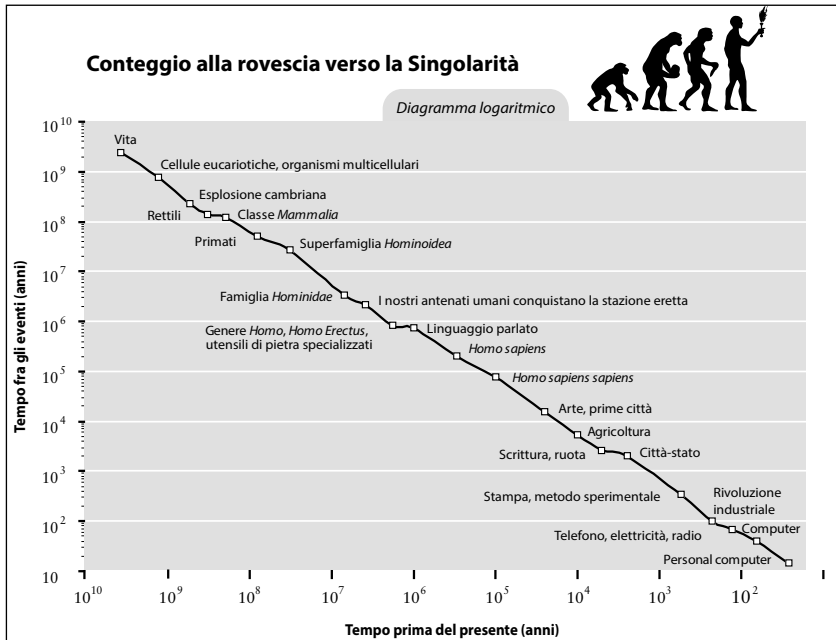
Combinando le doti del pensiero razionale e astratto con il pollice opponibile, la nostra specie è entrata nella quarta epoca e nel livello successivo di indirezione: l'evoluzione della tecnologia creata dall'uomo, a partire da semplici meccanismi per arrivare ad automi complessi (macchine meccaniche automatizzate). Infine, grazie a disposizioni raffinate di calcolo e comunicazione, la tecnologia è stata a sua volta capace di rilevare, accumulare e valutare configurazioni complesse di informazione.

Per confrontare la velocità di progresso dell'evoluzione biologica dell'intelligenza e quella dell'evoluzione tecnologica, pensate che i mammiferi più avanzati hanno aggiunto circa un pollice cubo di materia cerebrale ogni centomila anni, mentre noi abbiamo all'incirca raddoppiato la capacità di calcolo dei computer ogni anno (si veda il prossimo capitolo). Ovviamente, dimensioni del cervello e capacità dei computer non sono i determinanti unici dell'intelligenza, ma ne rappresentano fattori abilitanti.

Se collochiamo le pietre miliari dell'evoluzione biologica e dello sviluppo tecnologico umano su un grafico, dove gli assi  $x$  e  $y$  danno rispettivamente gli anni trascorsi e il tempo di cambiamento del paradigma su scale logaritmiche, otteniamo una linea approssimativamente retta (accelerazione costante), con l'evoluzione biologica che porta direttamente allo sviluppo diretto dall'uomo<sup>11</sup>.

Le Figure 1.3 e 1.4 riflettono la mia idea degli sviluppi chiave nella storia biologica e tecnologica. Notate, però, che la linea retta, che dimostra l'accelerazione continua dell'evoluzione, non dipende dalla mia particolare scelta degli eventi principali. Si trovano molti elenchi di eventi importanti dell'evoluzione biologica e tecnologica, in libri diversi e compilati da persone diverse, ciascuna con le sue idiosincrasie. Nonostante le diversità di impostazione, però, se combiniamo gli elenchi di più fonti diverse (per esempio l'*Encyclopedia Britannica*, l'American Museum of Natural History, il "calendario cosmico" di Carl Sagan e altri) osserviamo sempre la stessa accelerazione continua. Il grafico della Figura 1.5 combina quindi elenchi diversi di eventi chiave<sup>12</sup>. Autori diversi assegnano date diverse allo stesso evento, ed elenchi diversi includono eventi simili o in sovrapposizione, scelti secondo criteri diversi, perciò si verifica un "ispessimento" della linea di

tendenza, dovuto alla “rumorosità” (varianza statistica) di questi dati. La tendenza complessiva, comunque, è molto chiara.



**Figura 1.3** Conteggio alla rovescia per la Singolarità. L'evoluzione biologica e la tecnologia umana presentano un'accelerazione continua, indicata dal tempo sempre più ridotto fra un evento e l'altro (due miliardi di anni dall'origine della vita alle cellule; quattordici anni dal PC al World Wide Web).

Theodore Modis, fisico e teorico della complessità, ha analizzato questi elenchi e ha determinato ventotto *cluster* (che ha chiamato pietre miliari canoniche) combinando eventi identici, simili o correlati<sup>13</sup>. Questo procedimento sostanzialmente elimina il “rumore” (per esempio la variabilità delle date fra un elenco e l'altro), mettendo in luce ancora la stessa progressione (Figura 1.6).

Gli attributi che crescono esponenzialmente in questi grafici sono l'ordine e la complessità, concetti che esploreremo nel prossimo capitolo. Questa accelerazione è in accordo con le nostre osservazioni di buon senso. Un miliardo di anni fa, nell'arco anche di un milione di anni non succedeva molto; ma un quarto di milione di anni fa, eventi epocali come l'evoluzione della nostra specie si sono verificati nell'arco di solo un centinaio di migliaia di anni.

Nella tecnologia, se torniamo indietro di cinquantamila anni, non succedeva molto nell'arco di un migliaio di anni. Nel passato recente,

invece, vediamo che nuovi paradigmi come il World Wide Web sono passati dalle fasi iniziali all'adozione di massa (il che significa che sono utilizzati da un quarto della popolazione nei paesi avanzati) nell'arco di un solo decennio.

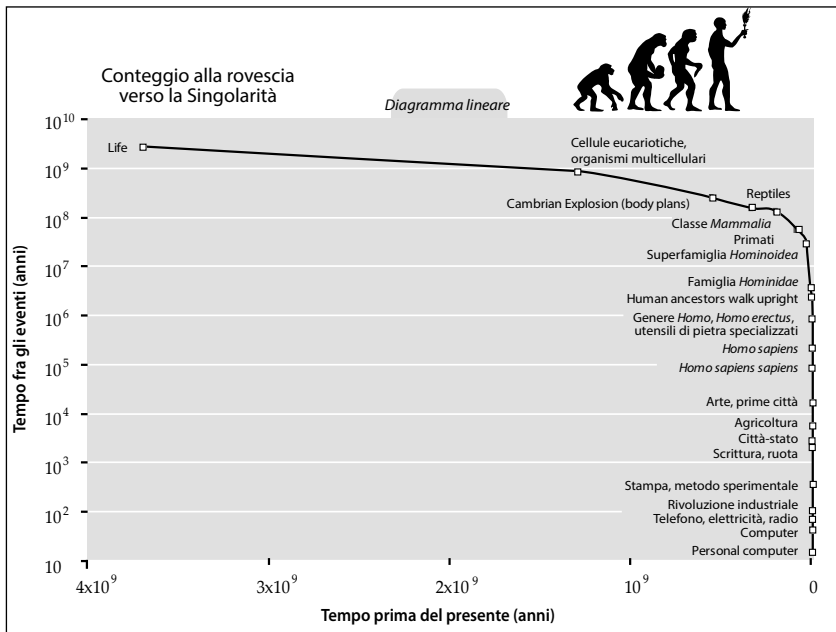


Figura 1.4 *Concezione lineare dell'evoluzione. Questa versione della figura precedente usa gli stessi dati, ma con una scala lineare, anziché logaritmica, per il tempo. Così l'accelerazione si vede in modo più netto, ma non si colgono i dettagli. In una prospettiva lineare, la maggior parte degli eventi è solo successa "recentemente".*

## Epoca Quinta: fusione di tecnologia e intelligenza umana

Guardando in avanti parecchi decenni, la Singolarità comincerà con la quinta epoca. Sarà il risultato della fusione dell'ampia conoscenza incorporata nei nostri cervelli con la capacità, la velocità e l'abilità nella condivisione della conoscenza della nostra tecnologia. La quinta epoca consentirà alla nostra civiltà uomo-macchina di superare il limite del cervello umano, cento milioni di miliardi di connessioni estremamente lente<sup>14</sup>.

La Singolarità ci consentirà di risolvere problemi che ci trasciniamo da tempo e di amplificare enormemente la creatività umana. Man-

terremo e miglioreremo l'intelligenza di cui l'evoluzione ci ha dotati, al tempo stesso superando le limitazioni profonde dell'evoluzione biologica. Ma la Singolarità amplificherà la capacità di agire in base alle nostre inclinazioni distruttive, perciò la sua storia è tutta da scrivere.

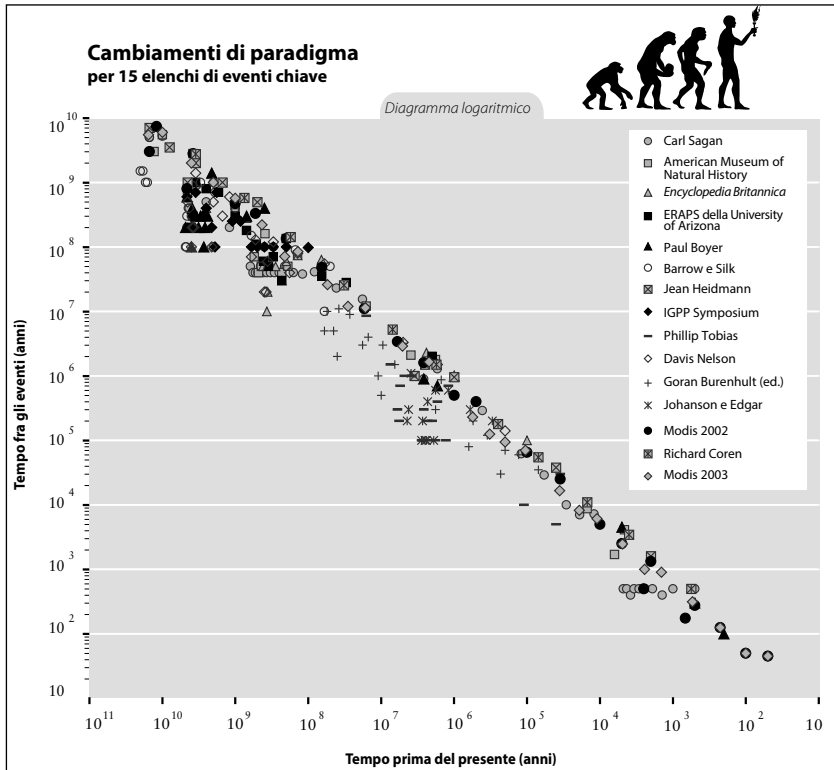


Figura 1.5 *Quindici concezioni dell'evoluzione. Sono qui riportati i cambiamenti principali di paradigma nella storia del mondo, secondo le idee di quindici elenchi diversi di eventi chiave. C'è una chiara tendenza all'accelerazione continua, nell'evoluzione biologica e poi in quella tecnologica.*

## Epoca Sesta: l'universo si sveglia

Parlerò di questo argomento nel Capitolo 6, sotto il titolo "... sul destino intelligente del cosmo". Dopo la Singolarità, l'intelligenza, derivata dalle sue origini biologiche nei cervelli umani e dalle sue origini tecnologiche nell'ingegno umano, comincerà a saturare la materia e l'energia nel suo cuore. A questo arriverà riorganizzando materia ed energia in modo da ottenere un livello di computazione ottimale (sulla

base dei limiti che discuteremo nel Capitolo 3) per diffondersi dal suo punto d'origine sulla Terra.

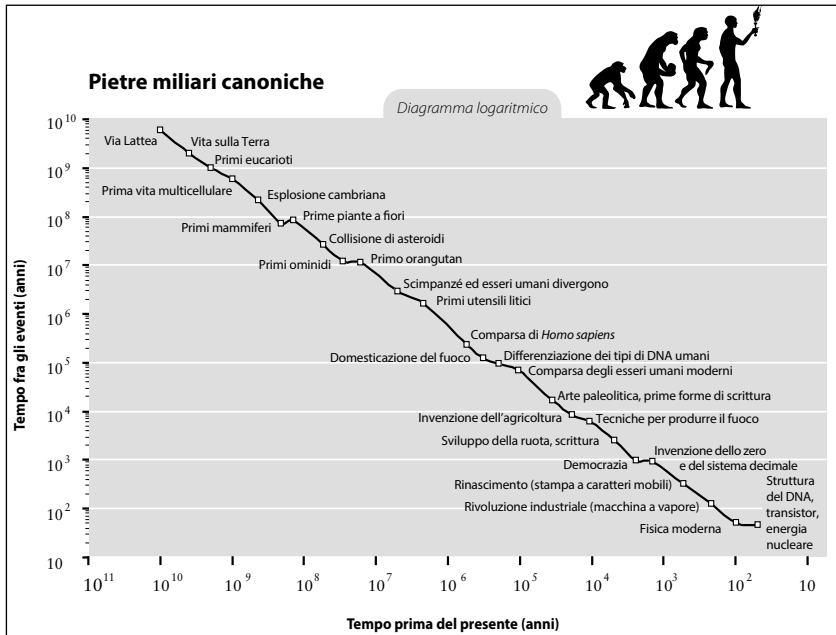


Figura 1.6 *Pietre miliari canoniche sulla base di cluster di eventi tratti da tredici elenchi.*

Al momento la velocità della luce risulta un fattore limitante al trasferimento dell'informazione e si ritiene altamente improbabile che il limite sia aggirabile, ma ci sono indizi che il vincolo possa essere in qualche modo spezzato<sup>15</sup>. Se ci sono deviazioni anche minime, alla fine riusciremo a imbrigliare queste potenzialità superluminali. Che la nostra civiltà effonda la sua creatività e la sua intelligenza sul resto dell'universo rapidamente o lentamente dipende dalla sua immutabilità. In ogni caso la materia "stupida" e i meccanismi dell'universo saranno trasformati in forme di intelligenza squisitamente sublimi, e questa costituirà la sesta epoca nell'evolvere delle configurazioni di informazione.

Questo è il destino finale della Singolarità e dell'universo.



## *La Singolarità è vicina*

Sai, le cose saranno davvero diverse! ... No, no, voglio dire davvero diverse!  
 – Mark Miller (informatico) a Eric Drexler, circa 1986

Quali sono le conseguenze di questo evento? Quando l'intelligenza più-che-umana guiderà il progresso, questo progresso sarà molto più rapido. In effetti, sembra non ci sia motivo per cui il progresso stesso non comporti la creazione di enti ancora più intelligenti – su una scala temporale ancora più breve. L'analogia migliore che vedo è quella con il passato dell'evoluzione: gli animali possono adattarsi a problemi e fare invenzioni, ma spesso a una velocità non superiore a quella a cui la selezione naturale può fare il suo lavoro – il mondo fa la funzione di suo simulatore, nel caso della selezione naturale. Noi esseri umani abbiamo la capacità di interiorizzare il mondo e di fare esperimenti “che cosa succederebbe se” nella nostra testa; possiamo risolvere molti problemi migliaia di volte più velocemente rispetto alla selezione naturale. Ora, creando i mezzi per eseguire queste simulazioni a velocità molto più alte, entriamo in un regime radicalmente diverso dal nostro passato umano, tanto quanto noi umani siamo diversi dagli animali inferiori. Dal punto di vista umano, questo cambiamento significherà buttar via tutte le regole precedenti, forse in un batter d'occhio, una fuga esponenziale al di là di ogni speranza di controllo.

– Vernor Vinge, *The Technological Singularity*, 1993

Definiamo ultraintelligente una macchina che possa di gran lunga superare tutte le attività intellettuali di un essere umano, per quanto brillante. Poiché il progetto di macchine è una di queste attività intellettuali, una macchina ultraintelligente potrebbe progettare macchine ancora migliori; senza dubbio ci sarebbe una “esplosione di intelligenza” e l'intelligenza dell'uomo rimarrebbe di gran lunga indietro. Quindi la prima macchina ultraintelligente è l'ultima invenzione che l'uomo dovrà compiere.

– Irving John Good, *Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine*, 1965

Per mettere meglio in prospettiva il concetto di Singolarità, esploriamo la storia della parola stessa. “Singolarità” è una parola che indica un evento unico con, beh, implicazione singolari. La parola è stata adottata dai matematici per denotare un valore che trascende qualsiasi limite finito, come l'esplosione di grandezza che risulta quando si divide una costante per un numero che si avvicina sempre più a zero. Prendete per esempio la semplice funzione  $y = 1/x$ : quando i valori

di  $x$  si avvicinano a zero, il valore della funzione ( $y$ ) esplode in valori sempre più grandi.

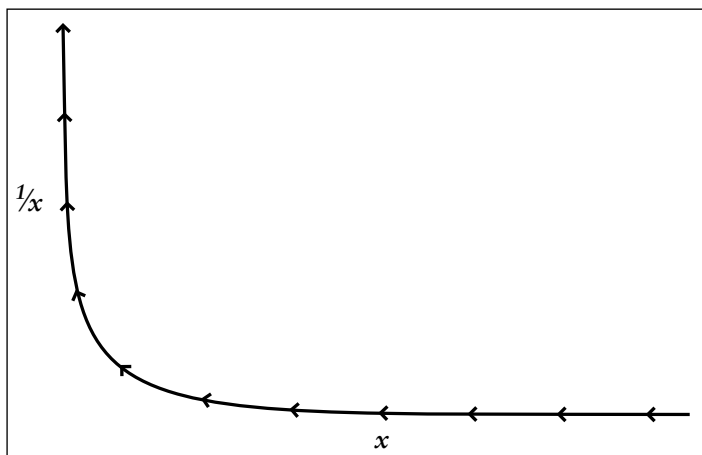


Figura 1.7 Una singolarità matematica: al tendere di  $x$  a zero (dalla destra a sinistra),  $1/x$  (cioè  $y$ ) tende all'infinito.

Una tale funzione matematica non raggiunge mai un valore infinito, perché la divisione per zero è matematicamente “non definita” (cioè: impossibile da calcolare). Ma il valore di  $y$  supera qualsiasi limite finito (si avvicina all'infinito) man mano che il divisore  $x$  si avvicina a zero.

Il campo successivo ad adottare questa parola è stata l'astrofisica. Se una stella massiccia esplode come supernova, i suoi resti alla fine collasano in un punto di volume apparentemente nullo e densità infinita, e al suo centro si crea una “singolarità”. Poiché si pensava che la luce non potesse sfuggire dalla stella dopo che questa aveva raggiunto questa densità infinita<sup>16</sup>, si è parlato di un buco nero<sup>17</sup>, che costituisce uno strappo nel tessuto di spazio e tempo.

C'è una teoria che suppone che l'universo stesso sia iniziato con una Singolarità di questo genere<sup>18</sup>. È interessante, comunque, che l'orizzonte degli eventi (la superficie) di un buco nero sia di dimensioni finite, e che la forza gravitazionale sia solo teoricamente infinita al centro di dimensioni nulle del buco nero. In qualsiasi posizione in cui possono essere effettivamente misurate, le forze sono finite, anche se estremamente grandi.

Il primo riferimento alla Singolarità come evento in grado di strappare il tessuto della storia umana è la frase di John von Neumann citata prima. Negli anni Sessanta, I. J. Good scrisse di una “esplosione

di intelligenza” risultante dal fatto che macchine intelligenti avrebbero progettato la loro successiva generazione senza intervento umano. Vernor Vinge, matematico e informatico alla San Diego State University, scrisse di una “singolarità tecnologica” in rapido avvicinamento in un articolo per la rivista *Omni* nel 1983 e in un romanzo di fantascienza, *I naufraghi del tempo*, del 1986<sup>19</sup>.

Il mio libro del 1989, *L'età delle macchine intelligenti*, presentava un futuro diretto inevitabilmente verso macchine che superano di gran lunga l'intelligenza umana nel corso della prima metà del Ventunesimo secolo<sup>20</sup>. Hans Moravec nel suo libro del 1988, *Mind Children*, è arrivato a una conclusione simile analizzando l'avanzamento della robotica<sup>21</sup>. Nel 1993 Vinge presentò a un convegno organizzato dalla NASA un saggio che descriveva la Singolarità come evento imminente principalmente come esito della comparsa di “enti con intelligenza superiore a quella umana”, che Vinge vedeva come segno precursore di un fenomeno fuori controllo<sup>22</sup>. Il mio libro del 1999, *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, descriveva il collegamento sempre più stretto fra la nostra intelligenza biologica e l'intelligenza artificiale che stiamo creando<sup>23</sup>.

Il libro di Hans Moravec *Robot: Mere Machine to Transcendent Mind*, anch'esso pubblicato nel 1999, descriveva i robot del 2040 come i nostri “eredi nell'evoluzione”, macchine che “cresceranno da noi, impareranno le nostre abilità e condivideranno i nostri fini e i nostri valori, ... figli delle nostre menti”<sup>24</sup>. Lo studioso australiano Damien Broderick, nei suoi libri del 1997 e 2001, intitolati entrambi *The Spike*, ha analizzato l'impatto pervasivo della fase estrema di accelerazione tecnologica che prevedeva nell'arco di qualche decennio<sup>25</sup>. In una serie di scritti, John Smart ha descritto la Singolarità come il risultato inevitabile di quel che chiama compressione “MEST” (materia, energia, spazio e tempo)<sup>26</sup>.

Nella mia prospettiva, la Singolarità ha molte facce. Rappresenta la fase quasi verticale della crescita esponenziale quando il ritmo di cambiamento è così estremo che la tecnologia sembra espandersi a velocità infinita. Ovviamente, da un punto di vista matematico, non c'è discontinuità, non c'è frattura, e i tassi di crescita restano finiti, anche se straordinariamente grandi. Nel nostro contesto, *attualmente* limitato, però, questo evento appare come una rottura acuta e improvvisa nella continuità del progresso. Sottolineo l'avverbio “attualmente”, perché una delle conseguenze salienti della Singolarità sarà un cambiamento nella natura della nostra capacità di capire. Diventeremo enormemente più intelligenti quando ci fonderemo con la nostra tecnologia.

È possibile che il ritmo del progresso tecnologico continui ad accelerare indefinitamente? Non c'è un punto in cui gli esseri umani non saranno più in grado di pensare abbastanza rapidamente da tenere il passo? Per gli esseri umani “non potenziati”, chiaramente è così. Ma che cosa potranno ottenere mille scienziati, ciascuno mille volte più intelligente degli scienziati umani di oggi, e ciascuno in grado di lavorare mille volte più velocemente degli esseri umani di oggi (perché l'elaborazione delle informazioni nei loro cervelli principalmente non biologici sarà più veloce)? Un anno di calendario per loro sarà come un millennio per noi oggi<sup>27</sup>. Che cosa riusciranno a escogitare?

Beh, per dirne una, escogiteranno qualche tecnologia per diventare ancora più intelligenti (poiché la loro intelligenza non sarà più di capacità fissa). Cambieranno i loro stessi processi di pensiero per poter pensare ancora più rapidamente. Quando gli scienziati diventeranno un milione di volte più intelligenti e agiranno un milione di volte più velocemente, un'ora sarà come un secolo (nei termini di oggi).

La Singolarità comporta i principi seguenti, che documenterò, svilupperò, analizzerò e discuterò nel resto del libro.

- La velocità di cambiamento dei paradigmi (innovazione tecnica) sta accelerando, già ora raddoppia ogni decennio<sup>28</sup>.
- La potenza (rapporto prezzo-prestazioni, velocità, capacità, larghezza di banda) delle tecnologie dell'informazione cresce esponenzialmente a un ritmo ancora maggiore: oggi raddoppia ogni anno circa<sup>29</sup>. Questo principio vale per un'ampia gamma di grandezze, fra cui anche la quantità di conoscenza umana.
- Per le tecnologie dell'informazione esiste un secondo livello di crescita esponenziale: cioè cresce esponenzialmente il tasso di crescita esponenziale (l'esponente). Il motivo: quanto migliora il rapporto fra costi ed efficacia di una tecnologia, tante più risorse si mettono in campo per il suo avanzamento, perciò il ritmo della crescita esponenziale aumenta nel tempo. Per esempio, l'industria informatica negli anni Quaranta era costituita da una manciata di progetti storicamente importanti. Oggi il giro d'affari complessivo dell'industria informatica supera i mille miliardi di dollari, e i budget per ricerca e sviluppo sono altrettanto più elevati.
- La scansione del cervello umano è una delle tecnologie che migliorano esponenzialmente. Come vedremo nel Capitolo 4, la risoluzione temporale e spaziale e l'ampiezza di banda delle scansioni del cervello raddoppiano ogni anno. Cominciamo solo ora ad avere gli strumenti sufficienti per iniziare una seria retroingegnerizzazione (decodifica) dei principi di funzionamento del cervello

umano. Abbiamo già modelli notevoli e simulazioni di una ventina fra le centinaia di regioni del cervello. Nel giro di due decenni, avremo una comprensione dettagliata di come funzionano tutte le regioni del cervello umano.

- Avremo l'hardware necessario per emulare l'intelligenza umana con supercomputer alla fine di questo decennio e con dispositivi della classe dei personal computer alla fine del decennio successivo. Avremo modelli software efficaci dell'intelligenza umana alla metà degli anni Venti.
- Disponendo sia dell'hardware che del software necessari per emulare pienamente l'intelligenza umana, possiamo prevedere che i computer superino il test di Turing (il che indica un'intelligenza non distinguibile da quella degli esseri umani biologici) alla fine degli anni Venti<sup>30</sup>.
- Quando raggiungeranno questo livello di sviluppo, i computer saranno in grado di combinare i tradizionali punti di forza dell'intelligenza umana con quelli dell'intelligenza delle macchine.
- Fra i punti di forza tradizionali dell'intelligenza umana vi è una formidabile capacità di riconoscere configurazioni. La natura del cervello umano (parallelismo massiccio e autoorganizzazione) è un'architettura ideale per il riconoscimento di configurazioni sulla base di proprietà invarianti anche minute. Gli esseri umani sono anche in grado di apprendere nuove conoscenze applicando intuizioni e inferendo principi dall'esperienza, ivi comprese le informazioni raccolte attraverso il linguaggio. Una capacità chiave dell'intelligenza umana è quella di creare modelli mentali della realtà e di condurre esperimenti mentali del tipo "che cosa succederebbe se...", facendo variare aspetti di quei modelli.
- Fra i punti di forza tradizionali dell'intelligenza delle macchine vi è la capacità di ricordare con precisione miliardi di fatti e di richiamarli istantaneamente.
- Un altro vantaggio dell'intelligenza non biologica è che, una volta che una competenza è padroneggiata da una macchina, può essere applicata ripetutamente a grande velocità, con una precisione ottimale e senza stanchezza.
- La cosa forse più importante è che le macchine possono condividere le loro conoscenze a velocità estremamente elevate, rispetto alla lentezza della condivisione umana delle conoscenze attraverso il linguaggio.

- L'intelligenza non biologica sarà in grado di scaricare competenze e conoscenze da altre macchine, alla fine anche da esseri umani.
- Le macchine elaboreranno e commuteranno segnali a velocità vicine a quella della luce (circa trecento milioni di metri al secondo), rispetto ai circa cento metri al secondo dei segnali elettrochimici usati nei cervelli biologici dei mammiferi<sup>31</sup>. Il rapporto fra queste velocità è di almeno tre milioni a uno.
- Le macchine avranno accesso via Internet a tutta la conoscenza della nostra civiltà uomo-macchina e sapranno padroneggiarla.
- Le macchine possono mettere in comune risorse, intelligenza e memoria. Due macchine, o un milione di macchine, potranno collegarsi per diventare una sola, poi separarsi di nuovo. Più macchine possono fare entrambe le cose allo stesso tempo: diventare una sola e separarsi. Gli esseri umani lo chiamano innamorarsi, ma la nostra capacità biologica in proposito è volatile e inaffidabile.
- La combinazione di questi punti di forza tradizionali (l'abilità dell'intelligenza biologica umana nel riconoscimento di configurazioni, la velocità, la capacità e la precisione di memoria, le capacità di conoscenza e di condivisione di competenze dell'intelligenza non biologica) sarà formidabile.
- L'intelligenza delle macchine avrà libertà completa di progetto e di architettura (cioè non sarà vincolata da limiti biologici come la bassa velocità di commutazione delle nostre connessioni fra neuroni o le dimensioni fisse del nostro cranio) e prestazioni coerenti in ogni momento.
- Una volta che l'intelligenza non biologica combinerà i punti di forza tradizionali di esseri umani e macchine, la parte non biologica dell'intelligenza della nostra civiltà continuerà a trarre vantaggio dalla crescita doppiamente esponenziale nel rapporto prezzo-prestazioni, nella velocità e nella capacità delle macchine.
- Quando le macchine raggiungeranno la capacità di progettare e ingegnerizzare tecnologia come fanno gli esseri umani, ma a velocità molto più elevate e con potenza di gran lunga superiore, avranno accesso ai loro stessi progetti (codice sorgente) e potranno manipolarli. Gli esseri umani oggi fanno qualcosa di simile attraverso le biotecnologie (modificando i processi genetici e altri processi informativi che sottostanno alla nostra biologia), ma più lentamente e in modo molto più limitato di quel che potranno fare le macchine nel modificare i loro stessi programmi.

- La biologia ha limiti intrinseci. Per esempio, ogni organismo vivente deve essere costruito a partire da proteine che vengono ottenute da stringhe unidimensionali di amminoacidi. I meccanismi basati sulle proteine mancano di forza e di velocità. Riusciremo a reingegnerizzare tutti gli organi e i sistemi dei nostri organismi e cervelli biologici in modo che siano di gran lunga più potenti.
- Come vedremo nel Capitolo 4, l'intelligenza umana ha un certo grado di plasticità (è in grado cioè di modificare la sua struttura), molto più di quanto non si pensasse un tempo. Ma l'architettura del cervello umano, comunque, è profondamente limitata. Per esempio, nel nostro cranio c'è spazio per circa centomila miliardi di connessioni fra neuroni. Un cambiamento genetico che ha reso possibile agli esseri umani una capacità cognitiva molto superiore a quella dei nostri antenati primati è stato lo sviluppo di una corteccia cerebrale più grande, insieme allo sviluppo di un maggior volume di materia grigia in certe regioni del cervello<sup>32</sup>. Questo cambiamento, però, si è verificato secondo i tempi lenti dell'evoluzione biologica e porta con sé comunque un limite intrinseco alla capacità del cervello. Le macchine, invece, potranno riformulare il loro stesso progetto e aumentare le loro capacità senza limiti. Grazie a progetti basati sulle nanotecnologie, le loro capacità saranno di gran lunga superiori a quelle dei cervelli biologici, senza che questo comporti aumenti di dimensioni o di consumo energetico.
- Le macchine inoltre trarranno vantaggio dall'uso di circuiti molecolari tridimensionali molto veloci. I circuiti elettronici di oggi sono oltre un milione di volte più veloci delle commutazioni elettrochimiche nei cervelli dei mammiferi. I circuiti molecolari di domani saranno basati su dispositivi come nanotubi, minuscoli cilindri di atomi di carbonio con un diametro di circa dieci atomi, e cinquecento volte più piccoli dei transistor di silicio di oggi. Poiché i segnali avranno distanze molto minori da percorrere, potranno funzionare a velocità dell'ordine dei terahertz (migliaia di miliardi di operazioni al secondo) rispetto ai pochi gigahertz (miliardi di operazioni al secondo) dei chip attuali.
- La velocità del cambiamento tecnologico non sarà limitata alle velocità delle nostre menti. L'intelligenza delle macchine migliorerà le sue stesse capacità in un ciclo di feedback che l'intelligenza umana senza ausili non sarà in grado di seguire.
- Questo ciclo di iterazione del miglioramento nel progetto stesso dell'intelligenza delle macchine diventerà sempre più rapido. È quanto prevede la formula dell'accelerazione continua nel ritmo

di mutamento di paradigma. Qualcuno obietta che questo ritmo diventerà a un certo punto così veloce che gli esseri umani non potranno seguirlo; di conseguenza, si sostiene, non potrà avvenire. Il passaggio dall'intelligenza biologica a quella non biologica, però, permetterà a questa tendenza di proseguire.

- Insieme con l'accelerazione del ciclo di miglioramento dell'intelligenza non biologica, la nanotecnologia consentirà la manipolazione della realtà fisica al livello molecolare.
- La nanotecnologia consentirà di progettare nanobot, robot disegnati a livello molecolare, con misure nell'ordine dei micrometri (millesimesimi di metro), come i "respirociti" (globuli rossi meccanici)<sup>33</sup>. I nanobot avranno un gran numero di ruoli nel corpo umano, fra cui anche invertire il processo di invecchiamento (nella misura in cui questo compito non sarà già stato realizzato attraverso la biotecnologia, per esempio con l'ingegneria genetica).
- I nanobot interagiranno con i neuroni biologici per aumentare enormemente l'esperienza umana, creando realtà virtuali dall'interno del sistema nervoso.
- Miliardi di nanobot nei capillari del cervello estenderanno enormemente l'intelligenza umana.
- Una volta che l'intelligenza non biologica avrà messo saldamente piede nel cervello umano (cosa che è già iniziata con gli impianti neurali computerizzati), l'intelligenza meccanica nei nostri cervelli crescerà esponenzialmente (come è già successo), raddoppiando di potenza ogni anno. L'intelligenza biologica, invece, è effettivamente di capacità fissa; perciò la parte non biologica della nostra intelligenza finirà per predominare.
- I nanobot inoltre miglioreranno l'ambiente, riducendo l'inquinamento prodotto dalla precedente industrializzazione.
- Nanobot chiamati *foglet*, in grado di manipolare immagini e onde sonore, porteranno le qualità di *morphing* della realtà virtuale nel mondo reale<sup>34</sup>.
- La capacità umana di comprendere le emozioni e di rispondervi in modo appropriato (la cosiddetta intelligenza emotiva) sarà una delle forme dell'intelligenza umana che verranno capite e padroneggiate dalla futura intelligenza delle macchine. Alcune fra le nostre risposte emotive sono regolate in modo da ottimizzare la nostra intelligenza nel contesto dei nostri corpi biologici, limitati e fragili. Anche l'intelligenza delle macchine del futuro avrà



“corpi” (per esempio, corpi virtuali in realtà virtuale, o proiezioni nella realtà “reale” grazie ai foglet) per interagire con il mondo, ma questi corpi della nanoingegneria saranno dotati di capacità maggiori e dureranno molto più dei corpi umani biologici. Perciò alcune delle risposte “emotive” dell’intelligenza delle macchine saranno riprogettate in modo da rispecchiare le loro capacità fisiche, ampiamente perfezionate<sup>35</sup>.

- Man mano che la realtà virtuale dall’interno del sistema nervoso diventerà “concorrenziale” rispetto alla realtà reale in termini di risoluzione e credibilità, le nostre esperienze avverranno sempre più in ambienti virtuali.
- Nella realtà virtuale, possiamo essere persone diverse, sia fisicamente sia emotivamente. In effetti, altre persone (per esempio il vostro partner) potranno scegliere per voi un corpo diverso da quello che potreste scegliere voi (e viceversa).
- La legge dei ritorni accelerati resterà valida finché l’intelligenza non biologica non sarà prossima a “saturare” la materia e l’energia, nell’universo prossimo a noi, con la nostra intelligenza uomo-macchina. Per saturazione, intendo l’uso di configurazioni di materia ed energia per la computazione in misura ottimale, sulla base della nostra comprensione della fisica della computazione. Quando ci avvicineremo a questo limite, l’intelligenza della nostra civiltà continuerà la sua espansione di capacità diffondendosi verso il resto dell’universo. La velocità di questa espansione raggiungerà rapidamente la velocità massima a cui può viaggiare l’informazione.
- Alla fine, l’intero universo verrà saturato dalla nostra intelligenza. Questo è il destino dell’universo (vedi il Capitolo 6). Determineremo il nostro stesso destino, invece di lasciare che sia determinato dalle attuali forze “stupide”, semplici, simili a macchine, che governano la meccanica celeste.
- Il tempo che impiegherà l’universo per diventare intelligente in questa misura dipende dal fatto che la velocità della luce sia o meno un limite immutabile. Ci sono indizi di possibili minime eccezioni (o modi di aggirare il limite): se esistono, l’enorme intelligenza della nostra civiltà, in questo tempo futuro, sarà in grado di sfruttarle.

Questa, dunque, è la Singolarità. Qualcuno dirà che non possiamo comprenderla, almeno alle nostre condizioni attuali. Per questo motivo non possiamo guardare oltre il suo orizzonte degli eventi e dare un

senso completo a quel che sta al di là. E questo è uno dei motivi per cui chiamiamo Singolarità questa trasformazione.

Personalmente trovo difficile, se non del tutto impossibile, guardare al di là di questo orizzonte degli eventi, pur avendo riflettuto sulle sue conseguenze per decenni. La mia idea comunque è che, nonostante i limiti profondi del nostro pensiero, abbiamo abbastanza capacità di astrazione da poter fare qualche affermazione dotata di significato sulla natura della vita dopo la Singolarità. Cosa ancor più importante, l'intelligenza che emergerà continuerà a rappresentare la civiltà umana, che è già una civiltà uomo-macchina. In altre parole, le macchine future saranno umane, anche se non saranno biologiche. Questo sarà il passo successivo nell'evoluzione, il prossimo cambiamento di paradigma di alto livello, il prossimo livello di indirezione. La maggior parte dell'intelligenza della nostra civiltà alla fine non sarà biologica. Alla fine di questo secolo, sarà miliardi di miliardi di volte più potente dell'intelligenza umana<sup>36</sup>. Per rispondere a preoccupazioni che vengono spesso formulate, questo non significa la fine dell'intelligenza biologica, anche se sarà scalzata dalla sua posizione di superiorità evolutiva. Anche le forme non biologiche saranno derivate da progetti biologici. La nostra civiltà resterà umana – in effetti, per molti aspetti sarà un esempio migliore di quel che consideriamo umano di quanto non lo sia quella di oggi, anche se la nostra comprensione del termine andrà ben al di là delle sue origini biologiche.

Molti si sono dichiarati preoccupati di fronte all'emergere di forme di intelligenza non biologica superiori a quella umana (un problema che esploreremo ulteriormente nel Capitolo 9). La possibilità di arricchire la nostra stessa intelligenza attraverso collegamenti stretti con altri substrati pensanti non diminuisce certo la preoccupazione, visto che qualcuno ha espresso il desiderio di rimanere “senza ausili” ma con la pretesa al tempo stesso di mantenere la posizione dominante nella “catena alimentare” intellettuale. Dal punto di vista dell'umanità biologica, queste intelligenze superumane appariranno servi devoti, rivolti a soddisfare le nostre esigenze e i nostri desideri. Ma la soddisfazione dei desideri di una eredità biologica adorata occuperà solo una parte minima della potenza intellettuale che la Singolarità porterà.

Molly circa 2004: Come faccio a sapere quando la Singolarità sta per arrivare? Vorrei avere un po' di tempo per prepararmi.

Ray: Perché, che cosa hai in mente di fare?

Molly 2004: Beh, tanto per cominciare, voglio sistemare il mio curriculum. Vorrei fare buona impressione ai potenti che verranno.

George circa 2048: Beh, a questo posso pensarci io.

Molly 2004: Non ce n'è bisogno. Sono perfettamente in grado di farlo da sola. Vorrei anche cancellare qualche documento – insomma, quelli in cui sono stata un po' offensiva per qualcuna delle macchine che conosco.

George 2048: Ah, ma le macchine li troveranno comunque – ma non preoccuparti, siamo molto comprensive.

Molly 2004: Non so, ma non mi sembra del tutto tranquillizzante. Vorrei comunque sapere quali saranno i segni premonitori.

Ray: Va bene, saprai che la Singolarità sta per arrivare quando avrai un milione di messaggi nella tua casella di posta elettronica in arrivo.

Molly 2004: Hmm, allora sembrerebbe che quasi ci siamo. Ma, seriamente, ho qualche problema a tenere il passo con tutta questa roba che mi arriva addosso. Come faccio a rimanere al passo con il ritmo della Singolarità?

George 2049: Avrai degli assistenti virtuali – in realtà, avrai bisogno di uno soltanto.

Molly 2004: Che, immagino, sarai tu?

George 2048: Ai suoi ordini.

Molly 2004: Perfetto. Tu ti occuperai di tutto, non dovrai nemmeno tenermi informata. “Oh, non preoccuparti di dire a Molly che cosa succede, tanto non capirebbe comunque; lasciamola tranquilla e felice all'oscuro di tutto.”

George 2048: No, no, proprio non andrà così.

Molly 2004: Ti riferisci al fatto che io sia felice?

George 2048: No, mi riferivo al tenerti all'oscuro. Riuscirai a capire quello che faccio, se davvero lo vorrai.

Molly 2004: E come, diventando...

George 2048: Perfezionata?

Molly 2004: Sì, è quel che volevo dire.

George 2048: Beh, se la nostra relazione potesse svilupparsi al massimo, non è una cattiva idea.

Molly 2004: E dovrei desiderare di restare come sono?

George 2048: Ti sarò fedele in ogni caso, ma posso essere qualcosa di più di un semplice servitore trascendente.

Molly 2004: In realtà, che tu sia “semplicemente” il mio servitore trascendente non suona tanto male.

Charles Darwin: Se posso interrompere, ho pensato che, quando l'intelligenza delle macchine sarà superiore a quella umana, dovrebbe essere nelle condizioni di progettare la sua prossima generazione.

Molly 2004: Non mi sembra così strano. Le macchine già progettano macchine oggi.

Charles: Sì, ma nel 2004 sono ancora guidate da progettisti umani. Una volta che le macchine opereranno a livello degli esseri umani, in un certo senso il cerchio si chiuderà.

Ned Ludd<sup>37</sup>: E gli esseri umani saranno fuori gioco.

Molly 2004: Sarà comunque ancora un processo lento.

Ray: Oh, niente affatto. Se si costruisse una intelligenza non biologica simile a un cervello umano, anche se usasse i circuiti disponibili nel 2004, lui –

Molly circa 2104: Vuoi dire “lei”.

Ray: Sì, ovviamente ... lei ... sarebbe in grado di pensare almeno un milione di volte più velocemente.

Timothy Leary: E così il tempo soggettivo si espanderebbe.

Ray: Esattamente.

Molly 2004: Mi sembra un sacco di tempo soggettivo. E voi macchine che cosa ne farete di così tanto tempo?

George 2048: Oh, ci sono un sacco di cose da fare. In fin dei conti, ho accesso a tutta la conoscenza umana su Internet.

Molly 2004: Solo la conoscenza umana? E tutta la conoscenza delle macchine?

George 2048: A noi piace pensare che ci sia una sola civiltà.

Charles: Allora, sembra proprio che le macchine saranno in grado di migliorare il loro stesso progetto.

Molly 2004: Noi umani stiamo già cominciando a farlo oggi

Ray: Ma stiamo solo trastullandoci con qualche dettaglio. In sé, l'intelligenza basata sul DNA è proprio così lenta e limitata.

Charles: Perciò le macchine progetteranno la loro successiva generazione piuttosto rapidamente.

George 2048: In effetti, nel 2048, sarà proprio così.

Charles: È quello a cui volevo arrivare; ci sarà dunque una nuova linea evolutiva.

Ned: Mi sembra piuttosto un fenomeno fuori controllo precario.

Charles: Fondamentalmente, questa è l'evoluzione.

Ned: E che cosa mi dite dell'interazione delle macchine con i loro progenitori? Voglio dire, non vorrei trovarmi sulla loro strada. Sono riuscito a nascondermi alle autorità inglesi per un po' di anni agli inizi dell'Ottocento, ma sospetto che sarà molto più difficile con questi ...

George 2048: Tizi.

Molly 2004: Nascondersi da questi piccoli robot –

Ray: Nanobot, vuoi dire.

Molly 2004: Sì, nascondersi dai nanobot sarà difficile, questo è poco ma sicuro.

Ray: Io penso che l'intelligenza che sorgerà dalla Singolarità avrà un grande rispetto per la sua eredità biologica.

George 2048: Assolutamente, è più che rispetto, è ... reverenza.

Molly 2004: Grande, George, sarò il tuo riverito cucciolo. Non è proprio quel che pensavo.

Ned: È proprio come diceva Ted Kaczynski: diventeremo animali domestici. Questo è il nostro destino, diventeremo animali domestici contenti, ma certamente non uomini liberi.

Molly 2004: E questa Epoca Sesta? Se rimarrò biologica, consumerò tutta questa preziosa materia ed energia in un modo molto poco efficiente. Tu vorrai trasformarmi in una specie di miliardo di Molly e George virtuali, e ognuno penserà molto più rapidamente di quel che faccio io oggi. Sembra proprio che ci sarà un sacco di pressione perché passiamo dall'altra parte.

Ray: Comunque, rappresenti solo una parte minima della materia e dell'energia disponibili. Il fatto che resti biologica non cambierà in maniera apprezzabile l'ordine di grandezza della quantità di materia ed energia disponibili alla Singolarità. Varrà effettivamente la pena mantenere l'eredità biologica.

George 2048: Assolutamente.

Ray: Così come oggi cerchiamo di conservare la foresta pluviale e la biodiversità.

Molly 2004: È proprio quello di cui avevo paura. Voglio dire, stiamo proprio facendo un gran bel lavoro con la foresta pluviale. Immagino ce ne sia rimasta ancora un pezzettino. Finiremo come quelle specie a rischio di estinzione.

Ned: O estinte.

Molly 2004: E non si tratta solo di me. E tutta la roba che uso? Uso un sacco di roba.

George 2048: Non è un problema, semplicemente ricicleremo tutta la tua roba. Creeremo gli ambienti di cui avrai bisogno quando ne avrai bisogno.

Molly 2004: Oh, sarò nella realtà virtuale?

Ray: No, sarà realtà foglet.

Molly 2004: Fog, come nebbia? Sarò nella nebbia?

Ray: No, no, foglet.

Molly 2004: Scusa?

Ray: Te lo spiego più avanti nel libro.

Molly 2004: Beh, almeno un'ideina.

Ray: I foglet sono nanobot, robot delle dimensioni di cellule del sangue, in grado di collegarsi fra loro per replicare qualsiasi struttura fisica. E, in più, possono guidare le informazioni visive e uditive in modo da dare alla realtà reale le qualità di "morphing" della realtà virtuale<sup>38</sup>.

Molly 2004: Quanto mai l'ho chiesto. Ma, pensandoci bene, voglio molto di più della mia roba. Voglio anche tutti gli animali e le piante. Anche se non dovessi poterli vedere e toccare tutti, sarebbe di conforto sapere che sono lì.

George 2048: Ma non andrà perduto niente.

Molly 2004: Lo so che continui a dire questa cosa. Ma voglio dire, li voglio veramente lì – sai, come nella realtà biologica.

Ray: Tutta la biosfera è meno di un milionesimo della materia e dell'energia presenti nel sistema solare.

Charles: Ma comprende gran parte del carbonio.

Ray: Vale comunque la pena conservarla, per essere sicuri di non aver perso nulla.

George 2048: Siamo tutti d'accordo su questo punto da parecchi anni.

Molly 2004: Allora, fondamentalmente, avrò a portata di mano tutto quello di cui avrò bisogno?

George 2048: Proprio così.

Molly 2004: Sembra la storia di Re Mida. Sai, quello che trasformava in oro tutto quello che toccava.

Ned: Sì, e come ricorderai ha finito per morire di fame.

Molly 2004: Beh, se finirò per passare dall'altra parte, con tutta quella distesa di tempo soggettivo, penso che morirò di noia.

George 2048: Oh, non succederà, stai tranquilla. Ci penserò io.