

Riflessioni sul conflitto tra Innovazione ed Orizzonte Tecnologico

di Ignazio Licata

ISEM, Institute for Scientific Methodology, Via Ugo La Malfa, 153, Palermo
Institute for Applicable Mathematics and Information Sciences, B.M. Birla Science Centre,
Adarshnagar, Hyderabad 500063, India

ignazio.licata3@gmail.com

Sommario

I termini “innovazione” e “sostenibilità” implicano uno scenario epistemologico e politico in grado di dare loro un senso all’interno delle pratiche di produzione e gestione delle risorse condivise. I “limiti dello sviluppo” ed il *climate change* ci permettono di fissare alcune accezioni estreme di questi termini, ormai non più legati soltanto all’economia di mercato ma ad una più generale scommessa sull’antropocene.

Parole chiave

Filosofia della tecnologia, Curva logistica, Picco di Hubbert, Impatto Tecnologico.

Summary

"Innovation" and "sustainability implies a political and epistemological scenario able to provide them with sense within the procedures of production and the management of shared resources. The "development limits" and climate change let us define extreme meanings of such words, which - by now - are no more connected only to market economy, but to a more general challenge about anthropocene.

Keywords

Technology Philosophy, Logistic Curve, Hubbert’s Peak, Technological Impact.

“Le nostre *cose*, gli oggetti che usiamo, sono già oggetti di luce, sempre più fatti di luce e meno di materia (...) oggetti che già chiedono una diversa percezione di noi e del mondo, un diverso portamento del corpo, un confine molto più liquido tra interno ed esterno (...) di luce le nostre cose, di luce le nostre armi, di luce le nostre comunicazioni, i monitor e i computer, di luce i nostri lavori, di luce anche il commercio, il commercio è già un commercio di luce”

Daniele Del Giudice, In questa Luce

«Quello che io vendo qui, Signore, è quello che il mondo desidera: la potenza»

James Watt a Samuel Boswell

1. Cose che ci chiedono intelligenza e immaginazione

E' stato sempre rimproverato agli italiani, in virtù di non so quale legge dell'ereditarietà culturale, di essere irrimediabili figli dell'idealismo di Croce e Gentile, e dunque di poter allevare intere generazioni di scienziati "pensanti", ma di non avere effettiva predisposizione ad un rapporto genuinamente tecnico con le cose. Questa credenza nutre con spezie nostrane il rapporto tra scienza e umanesimo, quel famigerato gap tra le "due culture" che tutti negano ma da cui troppi traggono distinzione, nella stessa misura in cui è più facile essere una maschera riconoscibile, ad di qua o al di là dello steccato, piuttosto che ampliare la visione e la cura del mondo.

Questa situazione ha fatto sì che venisse sempre assegnato un (plus)valore speciale a quegli scrittori che hanno accolto i temi della scienza non come semplici fatti del tempo, ma in profondità, come architettura cognitiva di un pensiero. Grossomodo, interpolando con una linea ideale che parte dalla bellezza delle pagine di Galilei di cui sono figli illegittimi, è possibile individuare una triade ideale che include il canto materiale di Leopardi, le permutazioni analogiche di Calvino e la *messa a fuoco* degli oggetti di Del Giudice. Quest'ultima ci sembra la più interessante per una riflessione su ciò che chiamiamo sbrigativamente *tecnologia*. La scrittura di Del Giudice infatti accarezza delicatamente il contorno degli oggetti, scoprendo una complessità che va sempre oltre l'uso immediato. Oggetti, e non genericamente cose, entità che richiamano necessariamente un soggetto, una postura cognitiva, una consapevolezza della natura mentale e storica dell'oggetto, del suo essere diacronico, parte di una storia umana, e non soltanto della sua disponibilità strumentale. Dispiace che non abbia mai scritto nulla su Turing e robot, perché il suo modo di *vedere* ci avrebbe rivelato subito che la macchina di Turing è un oggetto mentale e dunque i problemi delle sue implementazioni *hardware* non sono legati unicamente alla sequenza lineare dei FLOPS (Giga, Tera, Peta, Exa...) ma sono *già contenuti* nel progetto concettuale che, come un manuale, dice cosa e come va fatto ed implicitamente indica anche le direzioni dell'impossibile e del probabile. Ogni oggetto infatti definisce un *orizzonte degli eventi* che contiene la totalità degli accoppiamenti strutturali con il soggetto, i rischi, le possibilità, le tracce della propria estinzione, la capacità di incidere e persino di ridefinire la nostra natura. E prima di McEwan avrebbe saputo dire di quell'*uncanny valley* che poco ci dice dei robot ma molto svela su di noi (Mori M., 1970; McEwan I., 2019).

Ma per guardare l'orizzonte degli eventi bisogna spingere lo sguardo a gareggiare con la luce, oltre le catene quotidiane delle connessioni ordinarie. Non si può dunque discutere di tecnologia senza un intendimento complice e visionario che riflette nell'oggetto le *nostre* stesse tensioni cognitive. Il pensiero tecnologico non è un mero derivato della scienza, ha una dimensione specifica che si colloca tra conoscenza e azione, tra teoria e *resistenza del mondo*, e non può essere praticato (soltanto) dai tecnocrati, ma chiede una *visio* che colloca concretamente quelle conoscenze nel nostro rapporto con il mondo, rapporto che oggi non può essere altro che *cura del mondo* (Pulcini E., 2009).

Tra ricerca di base e bisogni collettivi, un'economia sempre più monopolizzata, paure concrete e desideri infelici, il tecnologo deve sapere "esaminare le spine delle rose non

ancora fiorite”, come scriveva negli anni 60 Stanislaw Lem nella sua insuperata “Summa Technologiae” (Lem S., 2013); del resto gli oggetti richiedono da sempre una forte capacità anticipatoria, gli scenari dei cicli di vita di una tecnologia tendono naturalmente a moltiplicarsi virtualmente, e nel momento in cui una possibilità diventa praticabile, la potenza collasserà inevitabilmente sul piano dell’esistenza.

Come per la coscienza (“ora lo sai”), anche la tecnica segue un principio di irreversibilità: “adesso c’è”. E da quel punto si dipartono nuove storie, nuovi cammini. Nella fissione casalinga di Fermi e compagni c’è già Chernobyl, nell’aereo dei fratelli Wright lo Shuttle. Questo vale soprattutto oggi, in cui le tecnologie sono sempre meno “materiali”, sempre più rapide e sempre più fatte di luce ed informazione. Scrive Del Giudice: “Quando le cose sono informazione e intelligenza e chiedono non più gesti ma informazione e intelligenza? Che tipo di agire è questo? Una volta, quando esistevano le azioni vere (so che esistono ancora oggi, ma vorrei seguire questa strada fino in fondo) avevamo via via elaborato un’etica dell’agire, seppure mutevole e compromissoria; ma quale potrebbe essere un’etica del vedere? Che cosa distingue un buon vedere da un cattivo vedere? E si può imparare a vedere, coltivare un diverso stato d’animo della visione che non sia l’indifferenza delle immagini e della luce «realizzata»? E in un’epoca di totale visibilità, dove si ricrea il margine del non visibile?” (Del Giudice D., 2013).

2. La Curva Logistica

L’orizzonte degli eventi di una tecnologia contiene una vasta foliazione di scenari, ma soltanto alcuni di questi produrranno oggetti reali (macchine, dispositivi, congegni, procedure). In qualche misura questo avviene anche nel campo della pura speculazione (non tutte le teorie possibili sono praticate e poche di quelle praticate andranno ad arricchire la direttrice dei paradigmi accettati), ma nel caso della tecnologia il passo della rete che seleziona le possibilità dalla loro attuazione nel mondo è, naturalmente, l’economia. La forza, l’intelligenza e l’informazione degli oggetti si dispiegano e prendono forma all’interno delle reti di relazione delle persone disegnate dall’assetto economico. Scrivono Sertorio e Renda:

L’operazione di mappatura dallo spazio dei parametri economici allo spazio delle attività umane avviene in parte spontaneamente, ma in maggior misura per progetto artefatto (...) Il mondo dei parametri del denaro agisce sulla realtà umana, e ciò avviene in modo tale che la configurazione esistente nello spazio economico deforma la dinamica umana; la società umana contro reagisce creando una nuova immagine nello spazio economico e così via. La dinamica corrispondente a tale mappa biunivoca contiene stocasticità e instabilità. In questo modo la specie umana non sarà mai simile, o neanche paragonabile, a ogni altra specie vivente (...) Già a questo punto è saggio mettere in discussione l’asserzione che “l’economia spiega”. (Sertorio L., Renda E., 2009)

Esiste anche un processo di feedback per cui è la tecnologia realizzata che rafforza e moltiplica il sistema economico. Si tratta di una dinamica talmente pervasiva che oggi

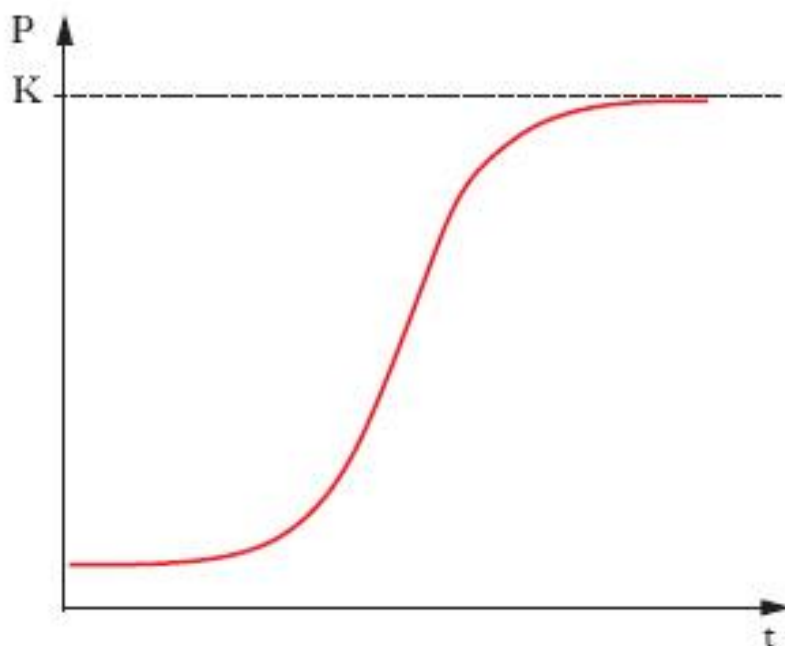
può essere difficile rendersi conto che *non è sempre stato così*. Il primo ad analizzare questo processo di reciproca assimilazione è stato Marx in *Das Kapital* (vol.1), dove prevede che la centralizzazione del capitale avrebbe favorito una crescente omologazione del mercato su basi tecnologiche e tutto questo alla fine si sarebbe imposto come *valore sociale*. E' il motivo per cui tendiamo a guardare *lo stato delle cose* come dotato quasi di un *fondamento ontologico*.

L'interpenetrazione tra struttura economica e progresso tecnologico appare come un'unica entità che genera destino e definisce bisogni, all'interno della quale il ruolo una volta prometeico del "capitalista" è oggi quello di un funzionario, un quadro al servizio di un sistema di parecchi ordini di grandezza più ampio e potente della sua sfera d'intervento. Achab è diventato un marinaio come gli altri e non può più dare la caccia a Moby Dick; le rotte ed i compiti del Pequod, come quelle di ogni altra nave, sono fissate da un gioco globale di vincoli.

Ai tempi di Marx il processo di produzione era ancora legato alle caratteristiche tipiche dell'impresa individuale, non troppo lontano dalla figura dell'artigiano che verosimilmente il capitalista era stato prima di avere la proprietà dei mezzi di produzione. E' un merito straordinario del pensiero marxiano quello di aver prefigurato che, con le nuove prospettive di scala e di profitto, la tendenza sarebbe stata di emanciparsi sempre più dal retaggio artigiano con un uso capillare delle macchine ed un arruolamento della scienza in modo permanente.

Sono i primi segni di un'algoritmizzazione del concetto di tecnologia basato su quelle procedure che costituiranno le sequenze memorabili di *Tempi Moderni* di Charlie Chaplin. Nello stesso anno in cui esce il film, 1936, un giovane matematico inglese che rifletteva sull'indecidibile scopre e cattura il *fuoco digitale* con una macchina concettuale che è la metafora perfetta delle nuove ere industriali in cui i cicli di vita tecnologici reggono le reti di relazione umane. La Macchina di Turing può fare tutto, esattamente come il Demone di Laplace può calcolare ogni evento dell'universo classico, a patto che la prima abbia a disposizione tempo e nastro infiniti, ed il secondo ogni informazione su posizioni e velocità di ogni particelle dell'universo.

La nozione chiave dei cicli di vita è l'"innovazione", che nell'uso corrente è una variante riduzionistica dell'idea di progresso tecnologico, proprio come l'ipercompetizione corrisponde ad un concetto di azienda come *sistema chiuso* e fortemente focalizzato su pochi obiettivi per tutta la durata della sua *transient life* (Licata, 2018) L'innovazione infatti si riduce al miglioramento ipertrofico dell'esistente all'interno di una dinamica ipercompetitiva, un meccanismo autoreferenziale illustrato dalla curva logistica:



Il grafico è abbastanza eloquente. Pensiamolo come la crescita esponenziale di un prodotto e del suo updating. Vediamo che dopo una rapida salita si innesca una fase di snervatura, che non indica mai una stabilizzazione ma piuttosto una saturazione con conseguente estinzione.

Nel caso di un oggetto tecnologico questo corrisponde ad una fase in cui l'investimento in "innovazione" non corrisponde più ad una crescita, in genere per obsolescenza dovuta ad esempio all'ingresso nel mercato di nuovi prodotti basati su una concezione diversa, situazione analoga al crescente successo dei mammiferi sui dinosauri alla fine del Cretaceo-Terziario.

La curva logistica è un destino inevitabile? Ci sono molte buone ragioni per ritenere di sì, dalla competizione intraspecifica in ecologia ad alcuni teoremi di teoria dei giochi che assicurano l'esistenza di una nuova coalizione di giocatori con un vantaggio netto rispetto alle precedenti.

In altre parole, la competizione esasperata e l'innovazione tarata sul prodotto tendono a rendere il sistema produttivo *logicamente chiuso*, miope ai mutamenti dell'ambiente e sempre meno efficace ad individuare ed elaborare nuova informazione.

Alla fine non è il giocatore migliore a "vincere" ma chi inventa nuovi giochi. Il problema dell'innovazione in un sistema logicamente chiuso è che troppo spesso i nuovi giochi somigliano a *giochi già visti*, prodotti che si inscrivono nell'alveo del *modello* precedente.

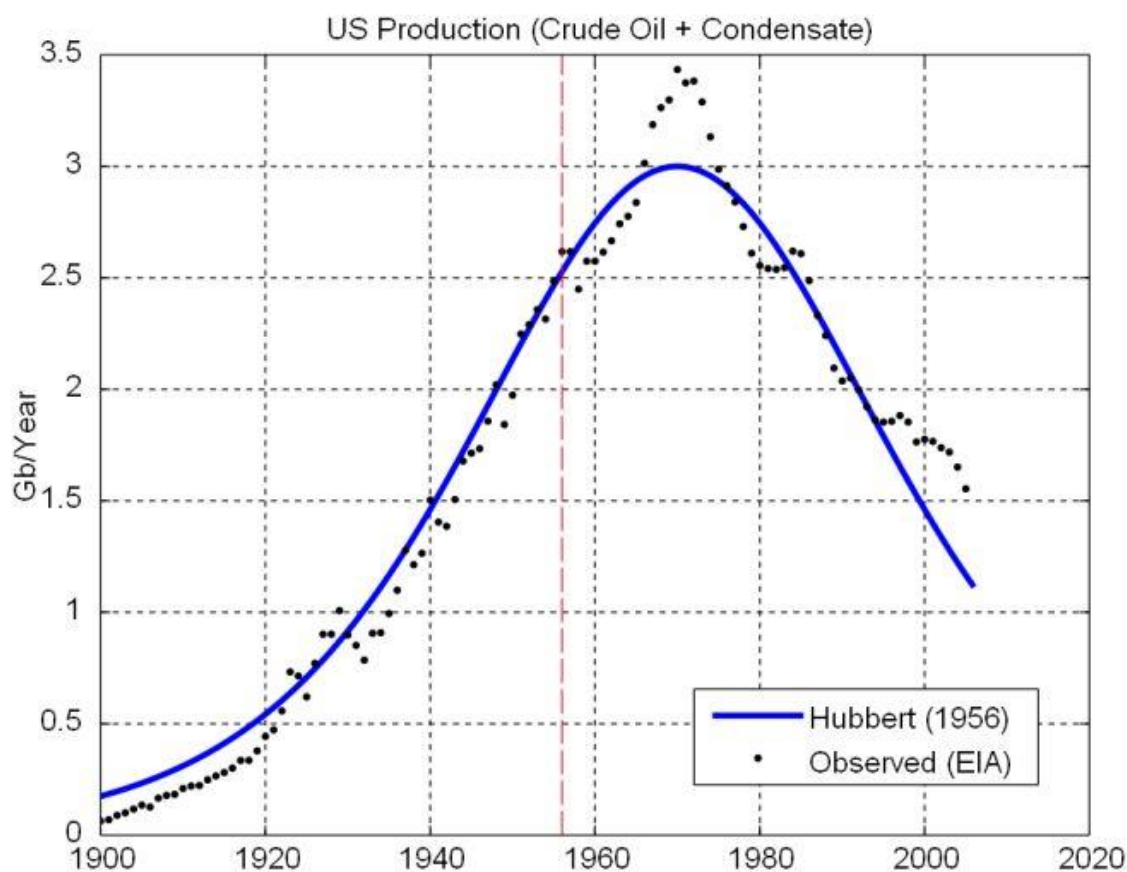
Si può essere tentati a questo punto di pensare che la curva logistica sia un momento di crisi necessario alle *magnifiche sorti e progressive*, punti singolari che si accompagnano a nuove riprese. Se in parte questo può essere considerato vero all'interno di una singola tecnologia (pensiamo al passaggio dagli LP in vinile ai CD, con un aumento della quantità

di musica immagazzinata e costi sempre più contenuti), la cosa è radicalmente meno vera se consideriamo *globalmente* le tecnologie da cui oggi dipende la nostra esistenza.

3. Il Picco di Hubbert

Nel 1956 il geofisico Marion King Hubbert presentò al congresso dell'American Petroleum Institute a San Antonio un modello della produzione petrolifera americana che conteneva una previsione inquietante: il picco del petrolio sarebbe stato intorno ai primi anni '70 e poi sarebbe seguita una rapida discesa.

Come accade spesso nella scienza un modello costruito su solide basi riesce a resistere alle critiche, e così fu per quello di Hubbert, che ha conosciuto una crescente fortuna ed oggi è usato per valutare le risorse non rinnovabili (petrolio, gas naturali, carbone, uranio), quelle che - per intenderci - sostengono *tutta la baracca*.



L'immagine mostra che il picco di Hubbert ha una forte parentela con la curva logistica, di cui è infatti una derivata. Da un punto di vista sistemico è possibile cogliere l'essenza del modello di Hubbert paragonando i processi produttivi basati su fonti non rinnovabili ad un ideale *ciclo del criceto*. L'animale non può tenere la ruota sempre alla stessa

velocità, ed ogni accelerazione sarà pagata con un successivo rallentamento; il sistema dissipa energia e perde efficienza. Nel caso del petrolio aumenta con il tempo la difficoltà di estrazione, cosa che richiede un incremento negli investimenti e così via. Va detto che il modello può essere esteso, con le opportune cautele, anche a fonti che per loro natura sono rinnovabili, ma richiedono tempi di rigenerazione più lunghi di quelli imposti dai ritmi di sfruttamento, come accade tipicamente in agricoltura.

4. L'innovatore cieco

Ad un'analisi più attenta alle questioni fondamentali e non distratta dal *rumore di fondo*, ci si accorge che le caratteristiche *prometeiche* che vengono di solito attribuite alla tecnologia si rivelano meno fondate di quanto non si pensi.

E' possibile piuttosto argomentare in direzione opposta: l'atteggiamento cognitivo sotterraneo alla tecnologia esistente non soltanto disattende la cura del mondo, ma lo rende più *fragile* attraverso un groviglio di interdipendenze e mini shock (lo snervamento della curva logistica) che limitano l'osservazione dell'orizzonte degli eventi del possibile.

Un'esplorazione interessante del picco di Hubbert è l'*effetto Seneca*, studiato in questi anni da Ugo Bardi (Bardi U., 2017). Il nome dell'effetto si rifà alle *Lettere a Lucilio* di Seneca, dove compare la sentenza: *La fortuna ha una crescita lenta, ma la rovina è rapida*, cosa che non soltanto si sta rivelando vera per le fonti non rinnovabili ma si può estendere sistemicamente al *crollo delle civiltà* per la concatenazione fatale di diversi fattori, come ha mostrato Jared Diamond (Diamond J., 2005; 2006).

L'analisi di Diamond, che prende in considerazione epoche e civiltà diverse, mostra che la tecnologia in sé non è un elemento che può proteggerci dal declino; anzi, si può affermare esattamente l'opposto, dal momento che è un sigillo decisivo dell'interconnessione e della complessità del nostro vivere. In linea generale una forma tecnologica può al più proteggere da sé stessa, si pensi al vastissimo tema della sicurezza e della sostenibilità, dalla sicura di una pistola alle centrali nucleari, per arrivare alle tecniche di conservazione ed alle emissioni elettromagnetiche.

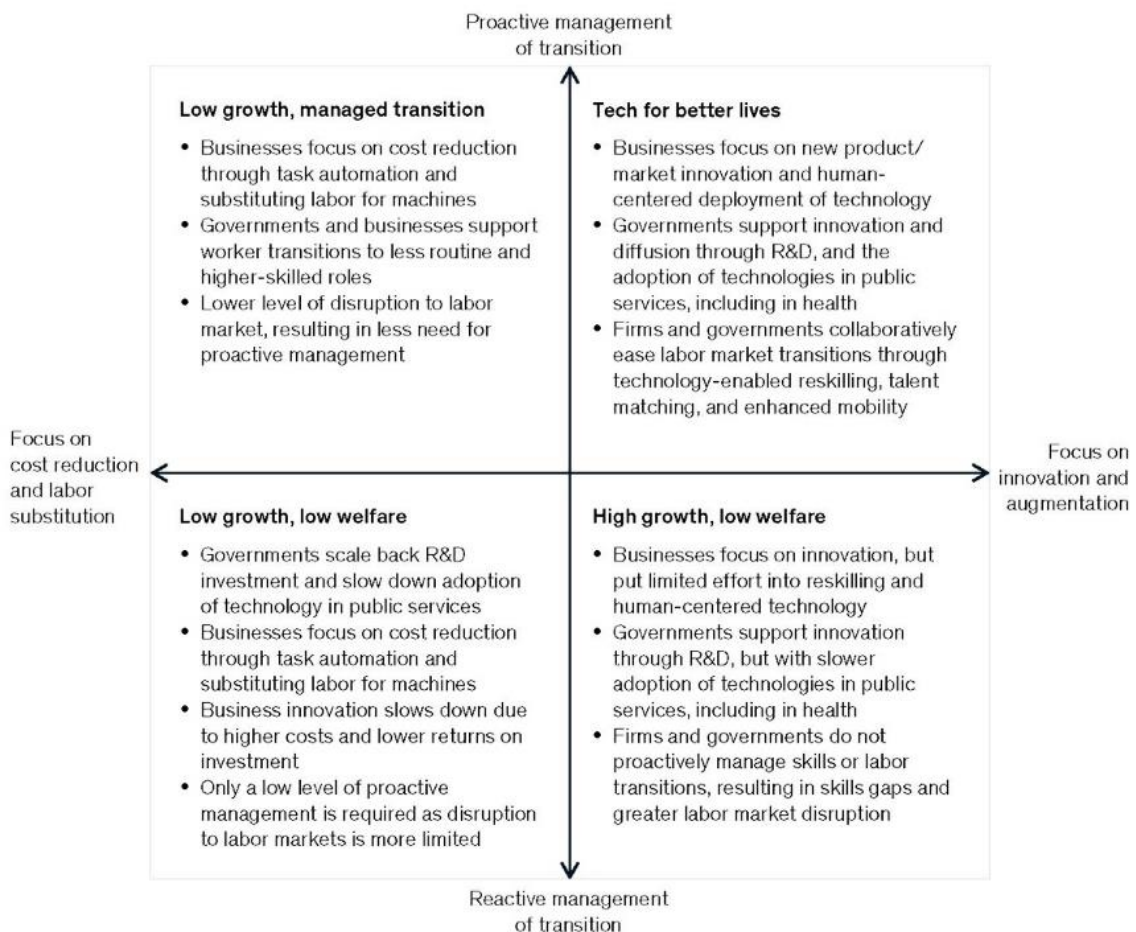
A fronte di queste considerazioni, è del tutto irragionevole l'idea che proprio la strada dell'innovazione tecnologica sia l'unica opzione salvifica del futuro. Piuttosto il concetto ordinario di innovazione appare in larga misura una *strada senza uscita* nella quale si snoda una successione infinita ed infinitamente perfezionabile di prodotti per un utente che è, in larga misura, *definito* da quella stessa successione. Lo spazio dell'innovazione, quello che si estende tra ricerca di base, bisogni e potenzialità tecniche, è imbrigliato su dimensioni piccolissime dalla *catena del prodotto*, quella sequenza asintotica priva di vere *singolarità* che viene identificata tout court con il progresso. L'innovatore, come l'Achille di Zenone, corre ma alla fine non si allontana mai dalla sua *comfort zone*. Tra i tanti esempi che si potrebbero fare c'è il calcolo quantistico, la famosa *quantum supremacy*. La Macchina di Turing è un sistema deterministico e locale, la fisica

quantistica è indeterministica e non locale, i cammini di Feynman esplorano contemporaneamente ogni punto dello spazio.

Ha senso allora chiudere la potenza quantistica dentro *la gabbia di Turing*? Se l'obiettivo è quello di esplorare ed incrociare rapidamente complessi database sì, ed è innegabile che l'universalità del calcolo digitale sarebbe un vantaggio per la maggioranza degli utenti, ma forse sarebbe interessante e fecondo riprendere la ricerca su un *calcolo quantistico analogico* e l'ipercomputazione (Licata I., 2012).

Esiste anche equivalente culturale del picco di Hubbert. Il recente rapporto del McKinsey Global Institute *Tech for Good. Smoothing disruption, improving well-being* (2019) mostra come l'effetto dell'innovazione tecnologica dovrebbe essere associato ad un atteggiamento *proattivo* da parte del management:

In our four scenarios, the focus of technology deployment and the approach to transition management determine the outcomes.



Source: McKinsey Global Institute analysis

In breve, l'introduzione di una nuova tecnologia dovrebbe essere accompagnata da processi di formazione, riqualificazione, studi di impatti materiali, sociali e culturali,

indicatori del benessere indotto, altrimenti a soffrirne sarà il welfare. Che è quello che puntualmente avviene, visto che questo *ciclo proattivo* è sempre più disatteso in una società basata sul profitto e sulla rapidità. Si assisterà piuttosto ad una successione di brevi *generazioni cognitive* centrate sulla familiarità puntuale con una specifica tecnologia, come mostra la successione di micro generazioni di *nativi digitali*.

Esiste ormai tutta una letteratura che accompagna i cicli della curva logistica costituita da report di questo tipo, la cui funzione è assai simile a quella del foglietto informativo dei medicinali, il famoso *bugiardino*; infatti la cura viene identificata con un farmaco da prescrivere ad un paziente caratterizzato dalla malattia al punto da poter fare una valutazione di *sostenibilità* degli effetti collaterali. Siamo molto lontani dalla medicina sistemica (quel farmaco è davvero l'unica cura oppure è soltanto il rimedio più rapido? Possiamo davvero trascurare gli effetti collaterali o a lungo termine? Ma soprattutto: la storia di quel paziente e della sua malattia è davvero risolta da quel farmaco). Se nel caso dei farmaci la scarsa informazione del bugiardino può essere un compromesso accettabile per veicolare una cura, la letteratura rivolta al management che dovrebbe gestire - con i politici - l'innovazione costituisce un modello ideale che evita di definire gli agenti effettivi della trasformazione e tende a restringere i contesti e gli obiettivi (ancora il prodotto ed i luoghi del prodotto). Ai margini della strada senza uscita e deviazioni dell'innovatore cieco si accumulano sperequazioni (materiali e cognitive), depauperamento delle risorse e delle comunità e tutto all'interno di uno scenario che non può contenere uno sviluppo illimitato sui binari attuali per ragioni puramente termodinamiche (Georgescu-Roegen N., 2003).

Purtroppo abbondano pure i bugiardini di parte opposta, ed era anche prevedibile visto che ciò che rende cieco l'innovatore agisce anche sui critici dell'innovazione, che producono letteratura prescrittiva su ciò che sarà il *mondo a venire*.

Tornando a Marx, la situazione ricorda le critiche che il pensatore di Treviri rivolse al movimento anarchico, imputandolo di scarsa attenzione ai meccanismi della transizione da una fase all'altra (ma gli anarchici avevano ragione sulla resilienza del potere rispetto all'economia!). A questa folle velocità, l'unica cosa che si sperimenta è l'enorme attrito verso ogni possibile soluzione alternativa.

5. Conclusioni (altamente provvisorie)

La pubblicazione nel 1972 del rapporto del Club di Roma sui limiti dello sviluppo (Meadows D. ed altri, 1972; Bardi U., 2011) suscitò una reazione di diniego generalizzata. In verità, le critiche non scalfivano le tesi centrali, che sono state confermate puntualmente dalle nuove edizioni aggiornate (Meadows D. e co. 2006), ma mostravano piuttosto una reazione che da allora si sarebbe ripresentata più volte. Politici ed opinione pubblica preferiscono lo scienziato funzionale al sistema, quello che secondo Allen Ginsberg è *vero poeta: ci dà la luna, ci promette le stelle, ci farà un nuovo universo se sarà il caso*. Lo scienziato in veste di Cassandra è molto meno gradito come si è potuto

vedere recentemente con le reazioni ai report dell'ICPP ((Intergovernmental Panel on Climate Change), in particolare lo Special Report on Global Warming of 1.5°C (SR15), che ha provocato le prime grandi manifestazioni di massa. Queste reazioni sono dettate da un'*inerzia culturale* che è un prodotto sistemico del modello di sviluppo accettato.

Questo stato di cose è, come abbiamo visto, il prodotto di un processo di interpenetrazione capillare tra scienza, tecnologia ed economia che ha sostenuto le tre fasi della rivoluzione industriale ma che oggi sta mostrando criticità non eludibili. Semplicemente, la polvere non può più essere spazzata sotto il tappeto: l'*impronta ecologica* dell'antropocene rischia di alterare in modo irreversibile il patto tra uomo e mondo. Questa condizione non può essere cambiata ma la sua valutazione non appartiene al regno dei gusti e delle sensibilità e a quello delle tradizioni politiche. Si tratta di un *compito tecnologico e scientifico*, e riguarda la sfida di nuovi modelli e della loro praticabilità, e più in generale la liberazione di quello che abbiamo chiamato orizzonte tecnologico. All'inizio si manifesterà dunque come *innovazione culturale*, un cambio prospettico rispetto ai paradigmi dominanti.

Esiste ormai una ricca letteratura scientifica sull'Ecofisica e sulla Bioeconomia che mostra un forte margine di intervento in uno scenario che tende a recuperare tre idee chiave marginalizzate o *impossibili* nel sistema attuale: *sostenibilità, la cooptation e glocalization*. (Licata I., 2018). Infine, ne esce trasformato il ruolo dell'*etica*, non più campo rivolto esclusivamente alle relazioni umane, ma ampliato ed integrato con il rapporto uomo-natura. A ben guardare ogni teoria etica implicava, di sfondo, come variabile nascosta, un ruolo fissato dell'ambiente nella vita umana; si tratta adesso di renderlo esplicito e forse rileggere le norme etiche tradizionali all'interno di un nuovo codice.

Non stiamo parlando qui di un passaggio da un'economia "cattiva" ad una "buona", né di inaugurare un nuovo *puritanesimo naturale* basato su una ipostatizzazione degli equilibri tra tecnica e natura, cosa peraltro impossibile, ma di acquisire una consapevolezza più sottile del nostro rapporto con il mondo, una tecnologia che riconosce nei processi naturali e biologici il vincolo costitutivo della tecnologia e che non finge più di vederle come i poli opposti dell'abitare il mondo.

E magari anche un'Europa meno antropocentrica: in questo secolo, con grande presunzione, abbiamo pensato di aver raggiunto la più assoluta capacità di potenza, quella cioè di cancellare e distruggere la presenza umana dal pianeta. Ormai ci illudiamo di poterci aspettare il peggio solo dall'infinitamente grande, immani esplosioni o collisioni astrali. Eppure basterebbe un'insurrezione degli insetti, di una delle infinite specie di esseri non antropomorfi, una rivolta degli insetti o dei microbi per farci sparire per sempre dalla faccia della terra. Ecco, mi piacerebbe narrare un'Europa che avesse la capacità di essere presente e vitale, accogliente e materna, capace di sentire e pensare la diversità e il conflitto, e di affrontare con tenacia e leggerezza l'imperturbabile precarietà di ciascuno di noi su questa terra. (Del Giudice D., 2013)

Bibliografia

- Bardi U., 2011. *The Limits to Growth Revisited*, Springer.
- Bardi U., 2017. *The Seneca Effect: Why Growth is Slow but Collapse is Rapid*, Springer.
- Del Giudice D., 2013. *In questa luce*, Einaudi, Torino.
- Diamond J., 2006. *Armi, acciaio e malattie*, Einaudi, Torino.
- Diamond J., 2005. *Collasso. Come le società scelgono di morire o vivere*, Einaudi, Torino.
- Georgescu-Roegen N., 2003. *Bioeconomia*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Lem S., 2013. *Summa technologiae*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Licata I., 2012. *Beyond Turing: Hypercomputation and Quantum Morphogenesis*, Asia Pacific Mathematics Newsletter 2 (3):20-24.
- Licata I., 2018. *Complessità. Un'Introduzione semplice*, Di Renzo editore, Roma.
- McEwan I., 2019. *Macchine come me*, Einaudi, Torino.
- McKinsey Global Institute (MGI), 2019. *Tech for Good: Smoothing disruption, improving well-being all'indirizzo: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/tech-for-good-using-technology-to-smooth-disruption-and-improve-well-being>*
- Meadows D.I., Meadows D. H., Randers,J., Behrens III, W.W., 1972. *I limiti dello sviluppo*, EST Mondadori, Milano.
- Meadows D & D, Randers, J., 2006. *I nuovi limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano.
- Mori M., 1970. *Bukimi no tani - The uncanny valley* (K. F. MacDorman & T. Minato, Trans.). *Energy*, 7(4), 33–35.
- Pulcini E., 2009. *La cura del mondo. Paura e responsabilità nell'età globale*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Sertorio L., Renda, E., 2009. *Ecofisica*, Bollati Boringhieri, Torino.