

Nicola Costantino

Tecnologia, occupazione e sostenibilità

La tempesta perfetta?

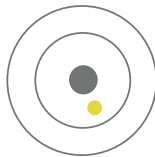
Transit

Esplorando _ Dialogando _ Costruendo

Nicola Costantino

Tecnologia, occupazione e sostenibilità

La tempesta perfetta?



Testo
ITALIANO

Collana
TRANSIT

NICOLA COSTANTINO
Tecnologia, occupazione e sostenibilità. La tempesta perfetta?
PRIMA EDIZIONE: Ottobre 2025

© Proprietà letteraria riservata per tutti i Paesi
2025 EURICONV - ITALIA (LECCE)

ISBN 978-88-98717-09-5
ISBN 978-88-98717-12-5 (eBook)



Nessuna parte di questa pubblicazione può essere fotocopiata, riprodotta, indicizzata in un motore di ricerca, trasmessa in qualunque forma o con qualunque mezzo – elettronico, meccanico, reprografico, digitale – se non nella misura in cui ciò sia espressamente consentito dalla legge.

I contributi degli Autori della Collana sono ceduti a titolo gratuito.

Made in Europe 2025 by EuriConv

Sommario

1. A mo' di introduzione	1
2. Il tocco del re Mida	3
3. Verso la fine del lavoro?	11
4. Problemi di sostenibilità ambientale: risvolti occupazionali	21
5. <i>Trend</i> tecnologici in atto	31
6. Rivoluzioni industriali e crescente diseguaglianza	41
7. La tempesta perfetta: che fare?	45
8. Una società sempre più diseguale? Non necessariamente...	51
9. L'Intelligenza Artificiale avrà libero arbitrio? Un problema scientifico e filosofico insieme	56
9.1. Laplace si sbagliava?	62
9.2. Per concludere (?)	67
<i>Note bibliografiche</i>	71

Abstract

Le rivoluzioni industriali che si sono succedute dalla fine del XVIII secolo (con la macchina a vapore prima, ed elettricità, fordismo ed informatica di seguito) hanno sempre comportato notevoli aumenti della produttività del lavoro, con conseguenti impatti sull'occupazione, a partire dai disordini luddisti nel Regno Unito dell'epoca, che videro gli addetti alla tessitura ribellarsi alle prime applicazioni di meccanizzazione di tali lavorazioni, in quanto riducevano enormemente le ore di lavoro necessarie per unità di prodotto. All'inizio del XX secolo John Maynard Keynes rilevava: «abbiamo contratto un morbo [...]: la disoccupazione tecnologica. Scopriamo sempre nuovi sistemi per risparmiare forza lavoro, e li scopriamo troppo in fretta per riuscire a ricollocare quella forza lavoro altrove», spingendosi a teorizzare che, entro un secolo (e quindi nei primi decenni del XXI secolo) gli orari di lavoro nei settori interessati agli sviluppi tecnologici avrebbero potuto ridursi ad appena 15 ore settimanali. Se questa previsione non si è avverata è solo perché l'aumento di produttività (che pure si è registrato in misura anche superiore alle ipotesi del grande economista) non si è riversato (solo) sulla riduzione degli orari di lavoro, ma anche (soprattutto) in notevolissimi aumenti delle quantità prodotte: tra il 1900 ed il 2017 il PIL pro capite mondiale è aumentato del 480% circa. Ciò è avvenuto in tutti i settori produttivi, non solo industriali, limitando – se non compensando – i negativi risvolti occupazionali della disoccupazione tecnologica. Oggi però dobbiamo fare i conti con i limiti di sostenibilità ambientale che ostacolano l'ulteriore protrarsi di tali *trend* di crescita, che comportano comunque maggiori utilizzi di risorse naturali e di energia, limitati – ma non pareggiati – dalla progressiva “dematerializzazione” di molte produzioni e dagli sviluppi delle scienze ambientali. Il problema assume particolare rilevanza, ed inedita urgenza, alla luce dei più recenti sviluppi delle tecnologie informatiche, che vedono nell'Intelligenza Artificiale una nuova, e sotto alcuni aspetti inedita, rivoluzione tecnologica che ci costringerà ad affrontare problemi di carattere non solo economico, ma anche sociale ed etico, a livelli di globalizzazione finora inesplorati.

Parole chiave:

Tecnologia; Occupazione; Sostenibilità ambientale; Società contemporanea; Intelligenza Artificiale

1. A mo' di introduzione

La maggior parte (ma non la totalità) dei ricercatori del settore è concorde nel ritenere che il crescente impatto di robotizzazione ed intelligenza artificiale AI (*Artificial Intelligence*) sul mondo del lavoro avrà effetti occupazionali estremamente pesanti¹. A partire dal citatissimo studio di Frey ed Osborne², dalle conclusioni estremamente preoccupanti, diverse altre stime³ hanno evidenziato come l'aumento di produttività conseguente all'introduzione delle nuove tecnologie comporterà, a parità di produzione complessiva, effetti assolutamente macroscopici (anche se con notevolissime diversificazioni quantitative e qualitative) sulla domanda della risorsa lavoro.

Le voci più ottimistiche, che pure non mancano, ricordano come – durante la prima rivoluzione industriale – all'immediata espulsione di sostanziali quote di forza lavoro dal ciclo produttivo (che originò anche episodi di rivolta sociale con il cosiddetto luddismo) seguì un sostanziale riassorbimento di tali esuberi proprio grazie all'aumento delle quantità prodotte: la maggiore produttività comportò infatti minori costi unitari di produzione, con spostamento a destra delle curve di offerta, e conseguente aumento delle quantità di prodotto domandate dal mercato. L'aumento di produttività (e di redditività) fu tale da coinvolgere gli stessi lavoratori nei conseguenti benefici, con riduzione degli orari di lavoro ed aumento (almeno in alcuni contesti) delle loro retribuzioni. Ma ciò fu reso possibile, appunto, solo

grazie a notevolissimi incrementi dei volumi di produzione: la celeberrima previsione di Keynes⁴ che nel 1928 intravedeva, nell'arco di un secolo, la riduzione degli orari di lavoro fino a sole 15 ore settimanali, come unico rimedio a quella che definì “disoccupazione tecnologica”, era basata invece sul semplice assunto che – con un aumento di produttività dell'1% annuo (in realtà, nell'ultimo secolo, nei Paesi industrializzati si sono registrati valori medi superiori al 2%) – la domanda di forza lavoro (sempre a parità di produzione complessiva) si sarebbe ridotta di un fattore pari a 2,7 circa.

Dobbiamo chiederci: possiamo oggi, in un'economia sempre più globalizzata, continuare ad aumentare la produzione mondiale solo (soprattutto) per compensare gli aumenti di produttività, a parità di occupazione? E Possiamo cioè aumentare la produzione complessiva non tanto per avere più prodotti da distribuire alla popolazione mondiale, quanto per devolvere redditi da lavoro?

E ancora: la progressiva “dematerializzazione” dell'economia (servizi invece di beni) sarà sufficiente a ridurre gli impatti ambientali e climatici a livelli accettabili? È evidente come tale prospettiva comporti notevolissimi problemi di sostenibilità, ambientale in prima battuta, ma anche etica, sociale e democratica⁵, destinati a mettere in discussione, nel prossimo futuro, lo stesso ruolo sociale dell'impresa quale soggetto principale dei processi produttivi.

2. Il tocco del re Mida

Narra Ovidio nelle *Metamorfosi* che Dioniso, per ringraziare il re Mida che aveva accolto e ospitato il suo anziano maestro Sileno, persosi ubriaco nei boschi, si offrì di realizzare un suo desiderio. Mida, com'è noto, chiese di poter trasformare in oro tutto ciò che toccava: Dioniso l'accontentò, ma il re – dopo un primo momento di entusiasmo – si accorse di non essere più in grado di nutrirsi, perché tutti i cibi e le bevande, appena entravano in contatto con il suo corpo, si trasformavano nel preziosissimo, ma incommestibile, metallo.

La celebre leggenda è una bella metafora delle rapidissime, e sempre più accelerate, trasformazioni che i progressi scientifici, con le quattro rivoluzioni tecnologiche che si sono fin qui succedute, hanno “donato” all'umanità negli ultimi due secoli e mezzo. Un dono che ci ha (collettivamente) reso enormemente più ricchi, ma che – insieme – ci ha portato insostenibili livelli di degrado ambientale, crescente disoccupazione, insopportabili aumenti della disuguaglianza economica e sociale, enfatizzati da un sempre più diffuso rifiuto della globalizzazione a favore di pericolose derive nazionalistiche: un mondo quindi, come quello sperimentato da re Mida, sempre più ricco e sempre meno vivibile.

L'umanità, infatti, non è mai stata ricca (solo globalmente, purtroppo) come al giorno d'oggi. Il PIL complessivo, nonostante alcuni brevi rallentamenti congiunturali, conti-

nua a crescere più velocemente della popolazione mondiale. I progressi scientifici e tecnologici coinvolgono sempre più persone, e pochi sono consapevoli di quanto ciò costituisca una conquista estremamente recente nella storia dell'umanità. «Il reddito pro-capite è ora dieci volte quello del 1850. L'italiano medio è 15 volte più ricco di quanto non fosse nel 1880. E l'economia globale? È ora 250 volte quella di prima della Rivoluzione Industriale, quando quasi ognuno, ovunque, era povero, affamato, sporco, impaurito, stupido, malato e di aspetto sgradevole»⁶.

Tale enorme crescita ha fatto sì che, nonostante le persistenti (anzi crescenti) disuguaglianze nella distribuzione della ricchezza, le fasce di povertà assoluta siano in costante diminuzione: «Mentre ancora nel 1840 il 94% della popolazione mondiale viveva in estrema povertà, nel 1981 questa percentuale era scesa al 44%»⁷, per calare ulteriormente nei decenni successivi. Eppure, un'ampia maggioranza di persone, anche nei Paesi più ricchi, è insoddisfatta del proprio stato, e preoccupata e spaventata sul futuro.

Il crescente, inquietante successo di populismi di vario genere, che si affermano anche nelle democrazie più mature, costituisce solo un sintomo della diffusa sensazione che tutti, anche (soprattutto) coloro che hanno responsabilità di governo, abbiano perso il controllo del sistema, a partire dall'interpretazione dei fenomeni in atto. Situazione questa che rende inadeguati gli strumenti concettuali di cui ritenevamo di essere dotati, specialmente nell'interpretazione e nel governo dei fenomeni economici.

Ha osservato ironicamente lo storico dell'economia Gregory Clark: «Dio ha certamente creato le leggi dell'economia allo scopo di divertirsi alle spalle degli economisti. In altre aree di ricerca, come le scienze fisiche, negli ultimi

quattro secoli c'è stata una costante accumulazione di conoscenze: teorie precedenti sono risultate inadeguate. Ma quelle che le hanno sostituite le hanno incluse, offrendo agli studiosi la possibilità di prevedere con maggiore accuratezza l'evoluzione dei fenomeni in un più ampio *range* di situazioni. In economia, invece, rileviamo che la nostra capacità di descrivere e prevedere i fenomeni economici ha raggiunto un picco intorno al 1800⁸, per poi decrescere progressivamente. Fece scalpore, nel novembre del 2008, un paio di mesi dopo il crack di Lehman Brothers, la vemenza con cui la regina Elisabetta, in visita nella prestigiosa *London School of Economics*, chiamò in causa la comunità degli economisti aprendo il processo nei loro confronti: «Come è possibile che nessuno si sia accorto che stava arrivandoci addosso questa crisi spaventosa?».

Il dibattito che si aprì tra gli accademici così direttamente messi sotto accusa mise in evidenza la realtà intrinsecamente contraddittoria di questa scienza, in grado di elaborare modelli matematici estremamente sofisticati per rappresentare fenomeni intrinsecamente “razionali”, dimenticando spesso che i fenomeni economici sono fenomeni sociali, soggetti quindi anche a comportamenti approssimativi, istintivi, umorali: Herbert Simon parlava di “razionalità limitata”.

Non solo: secondo Daniel Kahneman (psicologo e premio Nobel per l'economia nel 2002), la mente esprime due tipologie di pensiero: il pensiero razionale e il pensiero intuitivo. Il primo lavora in maniera sequenziale, lenta e controllata; il secondo è più veloce e automatico, difficile da controllare⁹. Non a caso, già nel 1936 John Maynard Keynes aveva rilevato che molte delle nostre azioni (soprattutto in campo economico) sono determinate da quelli

che chiamava *animal spirits*, definiti come la «spontanea tendenza all'azione piuttosto che all'inazione, e non come il risultato di una media pesata dei benefici quantitativi moltiplicati per le rispettive probabilità»¹⁰.

Anche le politiche economiche messe in atto da singoli governi possono essere soggette ad analoghi limiti di razionalità ed emotività, come dimostrano, ad esempio, le guerre commerciali messe in atto dagli USA (ma dovremmo dire dal presidente Trump nel suo secondo mandato). Se una volta il governo economico di un singolo paese era simile al comando di un vascello che si muoveva su rotte cognitive, o comunque prevedibili, le cui mete erano facilmente individuabili, e il più delle volte raggiungibili, grazie ad un'adeguata strumentazione, oggi l'economia globale può essere rappresentata come una flotta di scafi nazionali che si muovono a velocità differenti, nella nebbia, senza radorilevatori, in spazi sempre più ravvicinati, in una situazione quindi in cui i rischi di collisione con altri battelli, o con ostacoli imprevisi, sono sempre più reali, e gli ordinari strumenti di governo una volta efficaci appaiono affatto inadeguati.

Ha scritto Sabino Acquaviva¹¹: «Buona parte di quello che facciamo oggi per prepararci al domani ha la futilità dello spostare le sedie a sdraio sul "Titanic" mentre l'*iceberg* del futuro si avvicina». Finché fissiamo l'attenzione sulla migliore sistemazione delle sedie a sdraio (fuor di metafora: finché ci dedichiamo solo ai problemi del "qui ed ora") rischiamo di non accorgerci degli *iceberg* con cui siamo in rotta di collisione, e che minacciano la sostenibilità ambientale e sociale dei nostri sistemi produttivi.

Nelle pagine seguenti prenderemo in considerazione tre *iceberg*, tutti ormai molto vicini (in realtà già estremamente

presenti), ma di cui la “nebbia” della mancanza di strumenti concettuali di interpretazione, insieme alla distrazione del locale e del contingente, ci fanno sottovalutare l’impatto sempre più imminente. Essi sono: la disoccupazione tecnologica, l’impatto ambientale dei nostri sistemi produttivi, la crescente diseguaglianza economica e sociale. Tutti fenomeni noti ed attivi da decenni, ma che nel prossimo futuro svilupperanno effetti sinergici di entità difficilmente prevedibile.

Dopo averli rapidamente illustrati, esamineremo alcune proposte, avanzate da più parti, su come rapportarsi al meglio con gli immani cambiamenti che ci attendono (o, meglio, che stiamo già affrontando), nella consapevolezza che un *iceberg* può essere l’ostacolo che affonda il “Titanic”, ma può anche costituire una enorme riserva di acqua dolce, preziosa per la vita umana: tutto dipende da come gestiamo lo “scontro-incontro”.

Ma, prima di descrivere i tre *iceberg*, è opportuno spendere qualche parola sul “mare” in cui ci troviamo a navigare, che è quello della globalizzazione: economica, innanzi tutto, ma anche sociale e culturale.

Il commercio internazionale è sempre esistito; basti pensare ai Fenici nel Mediterraneo, o alle vie commerciali aperte da Marco Polo; ma solo in epoca relativamente recente, grazie al “combinato disposto” di sviluppo tecnologico (con i suoi impatti sui volumi di produzione e sull’abbattimento dei costi di trasporto) ed incontrollato neoliberismo, esso ha raggiunto gli attuali livelli di rilevanza, con enormi aumenti nella mobilità transnazionale di capitali e di merci (e, in misura inferiore, di persone). Ancora all’inizio degli anni Settanta del XX secolo l’interscambio commerciale dei Paesi OCSE pesava meno del 5% del loro

PIL; dopo, però, la sua entità è cresciuta in maniera esponenziale (con piccole, temporanee flessioni nel 2009 e nel 2025), arrivando a superare il 30%. L'*export* e l'*import* italiani sono in linea con tali valori. Ciò ha comportato, per le imprese (e conseguentemente per i lavoratori) dei Paesi industrializzati, un forte aumento della concorrenza da parte di *competitor* collocati in territori con costi della mano d'opera molto inferiori.

In Europa, a causa di questa concorrenza (e della crescente automazione), la quota parte di forza lavoro “a qualificazione media manuale” (quello degli operai qualificati nel manifatturiero, nell'artigianato, ecc.) è calata in maniera particolarmente significativa, riducendosi a poco più del 10%.

Il tutto, come vedremo, con effetti dirompenti sui mercati (ma forse dovremmo dire, almeno in prospettiva, sull'ormai unico mercato) del lavoro: dopo la manifattura la globalizzazione ha cominciato ad attaccare i servizi, con i call center delocalizzati all'estero, l'*e-commerce* generalizzato, i servizi finanziari e tecnici forniti *on line*.

E l'*import-export* di merci e di servizi non è l'unico effetto della unificazione dei mercati: pensiamo ai flussi migratori, che aumentano l'offerta di forza lavoro nei Paesi più ricchi a fronte di una domanda stagnante o addirittura in diminuzione a causa del calo demografico; o alle varie forme di “turismo” formativo, sanitario, e financo pensionistico: un numero crescente di pensionati italiani si sono trasferiti all'estero (soprattutto in Portogallo, Tunisia, Grecia e Albania), sottraendo consumi alla domanda interna (ed imposte sui redditi al bilancio dello stato).

Ma globalizzazione significa anche (soprattutto) rapidissimi innalzamenti nei livelli di PIL pro capite nei Paesi

in via di sviluppo via via coinvolti: *in primis*, Cina, India e, in parte, sud-est asiatico; e molti segnali lasciano pensare (sperare) che il continente africano possa essere presto interessato da analoghi sviluppi. Fenomeni questi di enorme impatto, in termini sia positivi (diminuzione degli indici di povertà assoluta e delle diseguaglianze economiche *tra* Paesi, aumento della produzione globale) che negativi (aumento degli indici di povertà relativa¹² e delle diseguaglianze *nei* Paesi, esaurimento delle risorse naturali, inquinamento, cambiamenti climatici).

Oramai, quindi, non è più possibile adottare approcci riduzionistici ai nostri problemi, proponendo ricette che non tengono conto della presenza di tutti gli altri soggetti: se la flotta delle economie nazionali non naviga di conserva le collisioni (che già ci sono) diventeranno sempre più gravi e frequenti.

Come ha scritto Nicola da Neckir¹³ «per ogni problema complesso esiste [almeno] una soluzione semplice ed evidente: ed è sbagliata». Non saranno i dazi o – peggio – i reticolati anti-migranti (o il loro confinamento in Albania) a risolvere i nostri problemi, ma solo la consapevolezza che bisogna rafforzare gli strumenti di concertazione e collaborazione a livello mondiale; il che, a sua volta, sarà possibile solo riducendo le insopportabili diseguaglianze di reddito, di opportunità, di qualità della vita (*tra* Paesi e *nei* Paesi) che costituiscono il principale fattore di instabilità socioeconomica a livello globale.

Un esempio eclatante: la produzione alimentare complessiva è (o meglio sarebbe) quantitativamente più che sufficiente a nutrire tutta la popolazione mondiale, eppure oltre 700 milioni di esseri umani (quasi il 10% di tutti gli abitanti del pianeta) soffrono la fame, mentre nei Paesi

ricchi l'obesità è diventata una “malattia sociale” estremamente diffusa, e lo spreco di cibo raggiunge livelli elevatissimi e moralmente, oltre che socialmente, insostenibili.

Narra Ovidio che il re Mida, resosi conto del suo errore, pregò Dioniso di togliergli il dono troppo frettolosamente richiesto, e concesso: accontentato, tornò al suo stato originario. L'umanità però non deve necessariamente rinunciare ai progressi scientifici, tecnologici e produttivi perseguiti: è sufficiente (si fa per dire...) che impari a considerarli mezzi per migliorare la qualità della vita di tutti, selezionandone l'impiego al fine di conservare l'irrinunciabile patrimonio comune della sostenibilità ambientale, e sociale.

3. Verso la fine del lavoro?

L'idea che delle macchine possano sostituire il lavoro umano ha origini antiche. Già Aristotele, nel libro primo della *Politica*, in un passo in cui definiva schiavi e servitori “strumenti animati” affermava: «Se ogni strumento riuscisse a compiere la sua funzione o dietro un comando o prevedendolo in anticipo [...] così anche le spole tessessero da sé e i plettri toccassero la cetra, i capi artigiani non avrebbero davvero bisogno di subordinati, né i padroni di schiavi»¹⁴. È interessante notare come il filosofo considerasse l'ipotesi dell'automazione (all'epoca del tutto fantasiosa) in termini “liberatori”, e che non la limitasse a compiti puramente manuali, come la tessitura, ma la estendesse anche ad attività artistiche come la musica.

Dobbiamo però aspettare circa duemila anni per vedere realizzato il sogno di Aristotele: in Inghilterra, alla fine del XVIII secolo, nasce la prima rivoluzione industriale, legata all'invenzione del motore a vapore, e quindi alla possibilità di disporre di energia meccanica non umana (né animale) senza i vincoli di disponibilità dei mulini ad acqua, o a vento. E, per una curiosa coincidenza, è proprio la tessitura la prima attività in cui la sostituzione del lavoro umano con quello meccanico assume dimensioni tali da creare notevoli problemi di disoccupazione, anche perché, grazie al francese Joseph-Marie Jacquard, inventore dell'omonimo telaio nel 1790, il nuovo macchinario non solo impiega la forza motrice del vapore, ma – utilizzando una scheda perforata

(antesignana dei futuri computer) – permette l'esecuzione automatica di disegni molto complessi con il lavoro di un solo tessitore. L'operaio si vede così sostituito dalla macchina non solo nelle sue funzioni più elementari, ma anche in quelle di maggiore specializzazione artigianale.

Com'è noto, la crescente sostituzione di operai con macchine portò, all'inizio del XIX secolo, alle violente rivolte luddiste, così chiamate per il primo leggendario (in senso letterale: non esistono dati certi sulla sua effettiva esistenza) *leader* Ned Ludd, un operaio che avrebbe iniziato la rivolta addirittura nel 1768, distruggendo, in uno scatto di rabbia, un telaio meccanico che gli aveva tolto il lavoro.

La maggior parte degli storici dell'economia è concorde nell'affermare che la protesta, comprensibile (anche se difficilmente giustificabile, per la sua violenza) nel breve termine, non lo fosse nel medio e lungo termine. Se è vero, infatti, che l'aumento di produttività individuale (quantità di prodotto realizzato in un'ora dal singolo operaio) comportava che *la stessa quantità* di produzione fosse realizzabile da *un minor numero* di operai (naturalmente a parità di orario lavorativo), è anche vero che – proprio grazie a tale aumento di produttività – i costi di produzione, e quindi i prezzi di mercato, si ridussero enormemente; conseguentemente la domanda di prodotto finito aumentò ancora di più (il Regno Unito divenne leader mondiale nella produzione di tessuti), e per far fronte alla crescente domanda le imprese dovettero (ri)assumere moltissimi operai.

Ancora oggi molti economisti (e, ancor più, politici) tendono a generalizzare questo precedente, affermando che la perdita di posti di lavoro dovuta agli aumenti di produttività per la prima (ma anche per le successive) rivoluzione industriale è sempre compensata da (quasi) contemporanei

aumenti nella quantità di prodotto, dello stesso tipo (più tessuti) o di nuova invenzione: il tutto, più o meno implicitamente, grazie alle virtù salvifiche della “mano invisibile del mercato” teorizzata da Adam Smith, sempre capace di garantire “automaticamente” la riallocazione ottimale delle risorse produttive reresi disponibili.

Dovrà passare oltre un secolo dalle rivolte luddiste perché John Maynard Keynes, in un discorso letto agli studenti del Winchester College nel 1928¹⁵ metta per la prima volta in dubbio questa rassicurante certezza, introducendo il concetto di “disoccupazione tecnologica”: «[...] abbiamo contratto un morbo [...]: la disoccupazione tecnologica. Scopriamo sempre nuovi sistemi per risparmiare forza lavoro, e li scopriamo troppo in fretta per riuscire a ricollocare quella forza lavoro altrove»¹⁶.

Keynes però è ottimista, molto più – anzi – degli economisti neoclassici. Egli continua, infatti, affermando che «[...] si tratta di uno scompenso temporaneo. Nel lungo periodo l'umanità è destinata a risolvere tutti i problemi di carattere economico. Mi spingo a prevedere che di qui a cento anni il tenore di vita dei Paesi avanzati sarà tra le quattro e le otto volte superiore a quello attuale»¹⁷.

Come già ricordato, il calcolo di Keynes è basato sull'ipotesi (più che confermata dai fatti) di un aumento della produttività annuo di almeno l'1%, con un effetto cumulato – in un secolo – di circa il 270%. A parità di quantità di prodotto, ciò comporterebbe una disoccupazione del 63% circa (supponendo di partire dalla piena occupazione), ma solo nell'ipotesi di lasciare invariato l'orario di lavoro. Ottimisticamente, Keynes applica la riduzione non al numero degli occupati, ma al loro impegno lavorativo, giungendo ad ipotizzare settimane lavorative di 15 ore.

Considerazioni analoghe furono fatte da Bertrand Russell in un brano del suo “Elogio dell’ozio”¹⁸ nel quale, riprendendo il celeberrimo esempio della “*pin factory*” di Adam Smith (la fabbrica di spilli in cui quella che poi Frederick W. Taylor chiamerà l’organizzazione scientifica del lavoro aumenta enormemente la produttività individuale degli operai) afferma che, se viene inventata una macchina che raddoppia la quantità di spilli prodotta in un’ora da un operaio «seguendo un ragionamento sensato, basterebbe portare a quattro le ore lavorative nella fabbricazione degli spilli e tutto tornerebbe come prima», con il vantaggio di maggior tempo libero per i lavoratori interessati.

Naturalmente, come sappiamo, ciò non è avvenuto, anche se è passato quasi un secolo dalle previsioni di Keynes, in quanto la situazione non è così semplice: innanzi tutto l’aumentata produttività non può andare *tutta* a beneficio dei lavoratori, in quanto deve retribuire anche gli investimenti fatti nei nuovi macchinari, il che comporta il progressivo spostamento di quote rilevanti di valore aggiunto dal lavoro alla rendita del capitale investito (con conseguenze, come vedremo, devastanti nel lungo periodo).

Ma, soprattutto, come rileva Keynes nello stesso scritto, bisogna distinguere tra «bisogni assoluti, che emergono in qualunque situazione i nostri simili si trovino a vivere, e quelli relativi, che si manifestano solo se la loro soddisfazione ci pone, o ci fa sentire, al di sopra dei nostri simili»¹⁹. Questi ultimi «crescono insieme al tenore di vita, e possono in effetti diventare insaziabili»²⁰.

È diventata proverbiale l’espressione anglosassone «*Keeping up with the Joneses*» (“stare al passo con i Jones”): se il mio vicino Jones cambia l’auto, o va in crociera, ed io non posso imitarlo, mi sento più povero. Il concetto è ripreso,

ed approfondito, da Robert e Edward Skidelsky, che distinguono tra *necessità* «finite in quantità» e *desideri* che «essendo puramente psicologici, sono infinitamente espandibili, sia in quantità che in qualità»²¹.

Aggiungiamo, infine, che le quattro rivoluzioni industriali che si sono susseguite non hanno innovato solo i processi produttivi, ma anche i prodotti, introducendone moltissimi nuovi. Tutto ciò ha comportato che – tra il 1700 ed il 2008 – il prodotto mondiale è aumentato di 137 volte, a fronte di una crescita della popolazione di “solo” 11 volte circa (il che significa che la produzione di ricchezza pro-capite è aumentata di 12 volte²²). Questo *trend* è sostanzialmente continuato nei decenni successivi.

Infatti, la prima rivoluzione industriale, al termine del XVIII secolo, fu innescata dalle invenzioni di James G. Watt che consentirono di trasformare il calore (e conseguentemente il vapore) in energia meccanica.

Nella seconda metà del XIX secolo poi, con l'utilizzo dell'elettricità e con l'organizzazione scientifica del lavoro di Frederick W. Taylor (ai quali si aggiunse, all'inizio del XX secolo, il fordismo) arrivò la seconda rivoluzione industriale che moltiplicò ulteriormente la produttività del lavoro (intesa come quantità di prodotto realizzato per ora lavorata).

Meno di un secolo dopo, con la nascita dell'informatica e dei primi calcolatori, arriva la terza rivoluzione industriale, che si ricollega alla quarta – quella che stiamo vivendo ora – senza una vera e propria discontinuità *qualitativa*, ma a causa di un macroscopico salto di scala *quantitativo*. L'utilizzo dei semiconduttori nei *transistor* ha infatti consentito la realizzazione di microcircuiti (*chip*) sempre più potenti nell'elaborazione e memorizzazione dei dati. In un articolo

del 1965²³, Gordon Moore, cofondatore di Intel, rilevava come tra il 1959 ed il 1965 il numero di componenti elettronici contenuti in un *chip* fosse raddoppiato ogni anno. Tale raddoppio era dovuto ai progressi tecnologici nella realizzazione dei microprocessori, ed all'epoca nulla poteva far ritenere che tale *trend* sarebbe proseguito negli anni (o addirittura decenni) successivi.

In realtà però ciò (almeno fino ad oggi) è sostanzialmente avvenuto, anche se il periodo medio di raddoppio si è allungato (secondo le stime) a 18-24 mesi; è questo il fenomeno noto come “legge di Moore”: la crescita esponenziale del numero di componenti (e quindi della “potenza di calcolo”) del singolo microprocessore.

La crescita esponenziale è un fenomeno che sfugge al nostro intuito: partendo da valori molto bassi, nei primi anni la crescita è rapida ma non “esplosiva”, ed infatti, ancora nel 1987, Robert Solow (insignito nello stesso anno del Nobel per l'economia) poteva ironizzare: «Vediamo l'era dei computer dovunque, tranne che nei dati di produttività»²⁴. Dopo un po', però, la crescita si impenna, aumentando in maniera poco intuibile, come dimostra la celeberrima leggenda dell'inventore degli scacchi, che chiedendo all'imperatore della Cina, come corrispettivo per la sua creazione, «un chicco di riso per la prima casella, 2 per la seconda, 4 per la terza, 8 per la quarta, [...]» e così via, fu ritenuto ridicolmente parco, salvo scoprire che non sarebbe bastato l'intero raccolto cinese di molti anni per soddisfare il computo delle 64 caselle della scacchiera.

Analogamente, considerando la legge di Moore nella prudentiale ipotesi di un raddoppio ogni 24 mesi, si vede che nel 1987 un microprocessore era “solo” 12.000 volte (circa) più potente del suo predecessore del 1960, mentre

all'inizio del terzo decennio del XXI secolo il fattore moltiplicativo era di oltre 500 milioni di volte.

Per avere un'idea di quanto ampia sia tale distanza, si tenga conto che, mentre una comune lumaca ha circa 10.000 neuroni, un essere umano ne ha circa 100 miliardi: potremmo dedurne che noi siamo “solo” 10 (e non 540) milioni di volte più “intelligenti” di una lumaca! E si consideri che – almeno fino a quando la legge di Moore è confermata dall'evoluzione tecnologica – il fattore moltiplicativo per i microprocessori è di oltre 1.000 milioni nel 2020, oltre 2.000 milioni nel 2022, e così via²⁵.

Tali immani potenze di calcolo stanno moltiplicando enormemente le possibilità di sostituire il lavoro umano, in tutto o in parte, con quello delle macchine, non solo nelle attività manifatturiere, o comunque manuali, sempre più delegate ai *robot*, ma anche (ormai soprattutto) in quelle intellettuali.

L'intelligenza artificiale (in breve, IA) sta facendo passi da gigante, e dopo aver dimostrato la propria potenza in ambiti “ludici” (computer che sconfiggono i campioni del mondo di scacchi e di go) si sta sempre più riversando in applicazioni professionali.

Il potentissimo *software* Watson della IBM, dopo aver sconfitto i campioni statunitensi del telequiz di cultura generale *Jeopardy*, sta dimostrando enormi potenzialità anche in campi professionali quali il calcolo strutturale e la diagnostica medica, ed i *software* di lettura delle immagini hanno superato le capacità umane non solo nel riconoscimento dei volti (con enormi potenzialità applicative nel settore della *security*), ma anche nell'interpretazione diagnostica di radiografie, TAC, risonanze magnetiche.

Il già ricordato studio²⁶ di due ricercatori di Oxford,

Frey e Osborne, citatissimo, stimava in termini quantitativi la probabilità di sostituzione artificiale nei successivi 10-20 anni per tutte le 702 attività lavorative considerate dal “*Census*” statunitense: com’era prevedibile, i dati sono estremamente dispersi, variando da probabilità bassissime (0,3% per supervisori di meccanici e riparatori) alla quasi certezza per numerose attività “di concetto” (addetto al telemarketing e perito assicuratore: 99%; analisti del credito, autisti e cassieri: 98%, e così via).

Uno studio più recente²⁷ giunge a conclusioni analoghe: le professioni più a rischio sono quelle più coinvolte nella gestione di informazioni (interpreti e traduttori, storici, addetti all’assistenza di passeggeri e di clienti, ecc.), mentre le meno coinvolte sono quelle che comportano gestioni operative con scarsa interazione con terzi (operatori di draghe, ponti mobili, impianti di trattamento reflui, ecc.).

Complessivamente, secondo City Group²⁸, il 47% dei posti di lavoro USA sarebbe a rischio di sostituzione; percentuale che sale negli altri Paesi, attualmente meno industrializzati: 57% nelle nazioni OCSE, 77% in Cina.

È opportuno rilevare, al proposito, che un tasso di sostituzione – ad esempio – del 57% non significa che, a parità di volumi di produzione, su 100 lavoratori 57 sarebbero superflui (in quanto sostituiti dalle macchine) ed i restanti 43 continuerebbero ad operare come prima, bensì che 43 lavoratori (con adeguati *skill* operativi), con il supporto (più o meno sostanziale) delle macchine realizzerebbero gli stessi volumi di produzione che prima richiedevano 100 addetti.

È evidente l’effetto deprimente che tale fenomeno avrà (sta già avendo) su tassi di occupazione e su retribuzioni: secondo Acemoglu e Restrepo²⁹ negli USA ogni robot

in più per 1000 lavoratori riduce il tasso di occupazione del 0,18-0,34%, e la paga oraria del 0,25-0,5% (dati 1990-2007).

È interessante notare come tra le prime aziende messe in difficoltà dagli sviluppi dell'AI ci siano quelle che – come Google – hanno maggiormente investito nel settore: in un classico esempio di “distruzione creatrice” alla Shumpeter³⁰, la possibilità di ricevere risposte “immediate” dai software di AI sta riducendo la loro “ricerca” in rete, cavallo di Troia delle pubblicità “mirate” sul web che stanno (stavano?) sempre più soppiantando quelle sui media tradizionali (televisioni e giornali).

Si obietta da più parti che, a fronte di posti di lavoro che si perdono, altri, relativi a nuove professioni, se ne creano, ma il saldo sembra essere comunque negativo: secondo il “Forrester Research”³¹ fino al 2025 negli USA si sarebbero creati 14,9 milioni di posti di lavoro, a fronte di 24,7 milioni perduti, con un saldo negativo di 9,8 milioni.

Il problema è tutto qui: a cavallo tra XVIII e XIX secolo la rivolta dei luddisti, che distruggevano i telai automatizzati (e, più in generale, le macchine in qualche modo “automatiche”) che li sostituivano al lavoro si esaurì non solo per la dura repressione, quanto (soprattutto) perché l'aumentata produttività (quantità di prodotto realizzato per ora lavorata) portò ad un abbassamento dei costi, e quindi dei prezzi di vendita, con conseguente forte aumento della domanda, e pertanto della produzione, che recuperò così (mediamente) la forza lavoro espulsa.

Ma cosa succede se, come prevedeva Keynes, scopriamo sempre nuovi sistemi per risparmiare forza lavoro, e li scopriamo troppo in fretta per riuscire a ricollocare quella forza lavoro altrove?

L'incremento della produzione non riesce più a compensare l'aumento della produttività, ed il fattore lavoro diventa così sempre più abbondante.

Un'indagine di City Group³² di qualche anno fa appurava che l'85% dei top manager intervistati riteneva che l'automazione avrebbe posto sostanziali sfide al lavoro e (aspetto che affronteremo più in là) alla distribuzione della ricchezza. Ed effettivamente l'occupazione arranca nell'inseguimento della produttività: tra il 1900 ed il 2017 il PIL pro capite mondiale è aumentato del 480% circa, mentre la popolazione mondiale è cresciuta del 350%³³: pertanto il PIL mondiale è aumentato di circa il 2530%.

In realtà l'attuale situazione globale non mostra significativi aumenti dei tassi di disoccupazione. Quello mondiale si è attestato, nel terzo decennio del XXI secolo, intorno al 5%, con significative differenze tra i paesi ad alto e a basso reddito. Sembra però che la tenuta dei livelli occupazionali sia legata soprattutto all'allungamento dell'età di pensionamento (in molti Paesi, come l'Italia) ed alla crescita della cosiddetta *gig economy* (economia dei "lavoretti"), prevalentemente orientati allo svolgimento di attività di servizio, spesso a tempo parziale ed a bassa redditività, come i *rider* per le consegne a domicilio o le badanti, attività queste – almeno per il momento – non insidiate dall'automazione.

Se la crescita della produttività del lavoro resterà in qualche modo agganciata ai tassi di sviluppo tecnologico (in particolare dell'IA nelle sue varie forme: *large learning models*, *machine learning*, utilizzazione dei *big data*, ecc.), per conservare gli attuali (peraltro in molti Paesi, come l'Italia, ancora insoddisfacenti) tassi di occupazione dovremmo aumentare il PIL "Prodotto Interno Lordo" globale (che, com'è noto, è pari al "Reddito Interno Lordo" – RIL globale) in pari misura.

4. Problemi di sostenibilità ambientale: risvolti occupazionali

Per nostra fortuna non c'è una correlazione univoca e costante tra PIL globale ed utilizzo di risorse naturali. Una quota crescente della produzione, in particolare nei Paesi industrializzati, nel corso delle successive rivoluzioni industriali, si è spostata infatti dal settore primario (agricoltura, pesca, attività estrattive) al secondario (attività di trasformazione) e quindi al terziario (produzione di servizi); De Toni e Rullani parlano poi di “quaternario”, riferendosi ai servizi avanzati connessi alle nuove tecnologie³⁴.

Questo progressivo slittamento comporta la parallela dematerializzazione dell'attività produttiva, in misura però che non sembra sufficiente a compensare gli enormi aumenti di PIL globale in corso: anche attività apparentemente di “puro servizio” (come il turismo, la cura della persona, l'assistenza sanitaria, ecc.) comportano infatti utilizzo di energia e di risorse materiali.

Un esempio eclatante di come anche la realizzazione di “prodotti” del tutto immateriali possa avere impatti ambientali comunque rilevanti è costituito dalla criptovaluta *Bitcoin*. Il *mining*, l'attività informatica indispensabile per creare *Bitcoin*, richiede quantità enormi di elettricità, in buona parte prodotta da combustibili fossili, pari a quella consumata da centinaia di milioni di persone. Ogni anno ciò comporta l'immissione in atmosfera di molti milioni di tonnellate di CO², un valore equiparabile alle emissioni

annuali di anidride carbonica di interi Paesi, come ad esempio la Grecia. Per compensare tali emissioni, si dovrebbero piantare ogni due anni 4 miliardi di alberi, occupando un'area pari a quella della Danimarca.

Bisogna inoltre considerare che l'obsolescenza tecnologica delle apparecchiature informatiche per il *mining* è mediamente di un anno e mezzo, il che comporta da un lato la produzione di nuovo hardware, e dall'altro lo smaltimento di quello dismesso³⁵.

Valutazioni analoghe potrebbero essere fatte per altre attività apparentemente immateriali, come – ad esempio – la produzione e la diffusione di audio e video sui social. Complessivamente, nonostante gli impegni presi da molte (ma non tutte) le nazioni industrializzate, l'anidride carbonica in atmosfera continua ad aumentare, nonostante l'utilizzo di petrolio per unità di PIL mondiale continui a calare, grazie al crescente ricorso alle energie rinnovabili ed alla progressiva dematerializzazione dell'economia.

Secondo uno studio dell'OCSE³⁶, tra il 2018 e il 2060, continuando secondo gli attuali *trend* il consumo di materie prime raddoppierà; la popolazione mondiale salirà a 10 miliardi; il PIL pro capite aumenterà del 170%; le emissioni di gas serra cresceranno dell'85%.

Sono sostenibili questi fenomeni? Nel 1972, la pubblicazione del rapporto Meadows su "I limiti dello sviluppo"³⁷ (diffuso in Italia dal Club di Roma di Aurelio Peccei), che applicava l'analisi dei sistemi di Jay W. Forrester alla proiezione dei *trend* di utilizzo delle risorse naturali, crescita della popolazione e inquinamento, provocò accesi dibattiti, progressivamente raffreddati dalla constatazione che alcune delle principali previsioni si rivelarono troppo pessimistiche (soprattutto, ma non solo, a causa di errate stime

degli *stock* di risorse naturali disponibili).

Nel 2004, peraltro, l'aggiornamento intitolato *Limits to Growth: The 30-Year Update*³⁸ ha fundamentalmente confermato le tendenze dello studio originario (sia pure con significativi spostamenti in avanti di alcuni fenomeni), individuando nei prossimi decenni (in particolare tra il 2030 e il 2050) l'arco temporale nel quale – a meno di sostanziali modifiche agli attuali tassi di sviluppo – si prospettano eventi catastrofici in termini di sostanziale esaurimento delle risorse naturali, drammatico aumento dell'inquinamento globale e forti riduzioni delle produzioni di cibo, e conseguentemente – per la prima volta nella storia moderna dell'umanità – della popolazione mondiale (non solo a causa del calo generalizzato dei tassi di natalità).

Naturalmente le inarrestabili evoluzioni tecnologiche continuano a mutare (ma non necessariamente a ridimensionare) i termini del problema: le tecniche di estrazione di *shale gas* e *shale oil* (gas e petrolio da scisto) con il *fracking* (fratturazione idraulica), per esempio, da un verso hanno aumentato notevolmente le riserve naturali di tali fonti energetiche (rendendo gli USA esportatori, e non più importatori, di combustibili fossili), dall'altro comportano impatti ambientali pesantissimi, ben superiori a quelli derivanti dalle tecniche di estrazione tradizionali.

Analogamente, i continui sviluppi delle ICT (*Information Communication Technology*) hanno enfatizzato l'importanza (e la scarsità) strategiche delle cosiddette “terre rare”, prima non prese in particolare considerazione, per l'estrazione e la lavorazione delle quali valgono analoghe considerazioni di impatto ambientale.

Emerge pertanto sempre più (ma ancora non abbastanza) chiaramente l'irrinunciabile esigenza di sostenibi-

lità (concetto introdotto dal “Rapporto Brundtland”³⁹ nel 1987) dello sviluppo, al fine di contenere la nostra “impronta ecologica”⁴⁰ sul pianeta. È stato calcolato che, per garantire a tutta l’attuale popolazione mondiale i livelli di consumo odierni di USA, Australia e Canada non sarebbero sufficienti 4 pianeti, che si riducono a 3 se si considerano gli *standard* di consumo dell’Europa settentrionale e a “solo” 2 per gli *standard* di vita dell’Europa meridionale⁴¹.

Alla luce di tali valutazioni, ribadite con estrema urgenza da numerosissimi scienziati nei successivi vertici della Conferenza delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, appare oggettivamente schizofrenico l’atteggiamento della quasi totalità dei leader politici, pronti a condividere (sia pure solo “in linea di principio” e in termini per lo più possibilistici, e comunque poco o nulla vincolanti) tali preoccupazioni nei vari incontri internazionali succedutisi a Rio, Kyoto, Parigi, etc., salvo impegnarsi spasmodicamente – una volta rientrati nelle rispettive sedi di governo – a promuovere politiche di incremento del PIL nazionale (e quindi dell’utilizzo di risorse naturali, emissioni di gas serra, etc.).

Al fine di dare un contributo almeno concettuale al superamento dell’idea di PIL quale unico indicatore quantitativo dello sviluppo, da molti anni ormai sono state avanzate numerose proposte per l’utilizzo di indicatori di sviluppo socio-economico alternativi come lo HDI (*Human Development Index*), messo a punto dal premio Nobel per l’economia Amartya Sen (che combina i valori di PIL pro capite con quelli dei livelli di istruzione e di speranza di vita), e di valutazioni di soddisfazione soggettiva, quali il *World Happiness Index* o, più recentemente il BES (Benessere Equo e Sostenibile), messo a punto in Italia da ISTAT e CNEL,

che considera ben 12 “dimensioni” del benessere (salute, istruzione e formazione, lavoro e conciliazione tempi di vita, benessere economico, relazioni sociali, politica e istituzioni, sicurezza, benessere soggettivo, paesaggio e patrimonio culturale, ambiente, ricerca e innovazione, qualità dei servizi), a loro volta articolate in numerosi indicatori quantitativi.

Una caratteristica comune a tutti, o quasi, tali indicatori, quando rilevati in più Paesi, è quella di evidenziare che esiste una forte correlazione positiva tra redditi (e quindi produzione) pro capite e livello di benessere solo per un *range* di reddito medio pro capite relativamente basso; correlazione che si riduce, fino ad annullarsi (se non addirittura a regredire) per i redditi più elevati, come evidenziato dal cosiddetto “paradosso di Easterlin”⁴². Può così avvenire che la Costa Rica, paese con un reddito pro capite sensibilmente inferiore a quello dei Paesi più industrializzati, ma caratterizzato da alcune positive peculiarità socioeconomiche (come la rinuncia alle forze armate ed un’estrema attenzione alle problematiche di sostenibilità ambientale), possa risultare, in alcune classifiche, “il paese più felice del mondo”⁴³.

In definitiva, al di là della schizofrenia politica (che in alcuni casi giunge fino al più sfacciato negazionismo, come per le posizioni espresse dal presidente Donald Trump in merito ai cambiamenti climatici in entrambi i suoi mandati), risulta sempre più ampia la consapevolezza dell’urgente necessità di ridurre l’impatto ambientale della produzione di beni e servizi, attraverso il più ampio utilizzo delle energie rinnovabili, il ricorso generalizzato all’economia circolare, l’abbandono delle disastrose logiche di obsolescenza programmata nella produzione industriale, che fanno sì –

ad esempio – che un elettrodomestico che potrebbe avere una vita utile di almeno venti anni, sia appositamente progettato per rendere necessario, o quantomeno conveniente, sostituirlo dopo soli cinque. Molto meno diffusa è la constatazione del fatto che, in presenza di continui, progressivi aumenti della produttività del lavoro (quantità di prodotto realizzato per ora lavorata), ogni riduzione – assoluta o relativa – nei volumi di produzione richiede una più che proporzionale contrazione nel numero di ore lavorate.

Come innanzi ricordato, Keynes aveva previsto una sostanziale riduzione degli orari di lavoro (fino a 15 ore settimanali), grazie agli aumenti di produttività, a parità di volumi di produzione. È stata proprio l'enorme crescita del PIL pro capite a vanificare tale previsione, ma non del tutto. Bisogna infatti ricordare che, negli ultimi 150 anni, nei Paesi industrializzati, e quindi anche in Italia, si sono in effetti registrate progressive diminuzioni nel tempo di lavoro, che «illimitato all'inizio della Rivoluzione industriale, vede i primi argini a dodici e poi a dieci ore giornaliere entro la fine dell'Ottocento, la conquista delle *otto ore* giornaliere dopo il 1917 (anno della Rivoluzione russa), infine l'introduzione del sabato festivo e l'incremento delle ferie retribuite negli anni Sessanta-Settanta.

Da quel momento, nonostante gli enormi incrementi di produttività generati dall'innovazione tecnologica e organizzativa, anche la parabola degli orari si ferma e addirittura si inverte in tutto l'Occidente: dagli anni Ottanta gli orari contrattuali rimangono stabili mentre quelli di fatto aumentano, ad esempio con il ricorso allo straordinario⁴⁴; negli anni successivi anche alcuni orari contrattuali tendono ad aumentare. Aumenta inoltre considerevolmente il

numero di ore lavorate nell'arco della vita, a causa del progressivo slittamento dei requisiti pensionistici»⁴⁵.

In Italia, le più recenti riduzioni dell'orario di lavoro hanno intaccato solo marginalmente tale tendenza, anche a causa del frequente, già ricordato, ricorso agli straordinari (a volte inopportunamente detassati).

Non solo: anche le retribuzioni operaie (al netto dell'inflazione) – che nel secondo dopoguerra avevano registrato una dinamica sostanzialmente positiva – nello stesso periodo si stabilizzano, nel migliore dei casi, o addirittura decrescono, come è avvenuto – soprattutto in Italia – a seguito dei picchi di inflazione registrati a seguito del conflitto Russo-Ucraina. Cosa ha provocato l'inversione di una parabola che ha visto le condizioni dei lavoratori migliorare sensibilmente tra la fine dell'Ottocento ed i primi anni Settanta del Novecento, per poi stabilizzarsi, o addirittura peggiorare, nei decenni successivi? Non certo il tasso di innovazione tecnologica e conseguente aumento della produttività che, a meno di locali rallentamenti (in particolare in Italia), ha continuato a far crescere la produttività del lavoro a tassi superiori all'1% ipotizzato da Keynes.

I fattori che hanno causato questa involuzione sono essenzialmente due. Da un lato la globalizzazione, che ha reso concorrenziali molti mercati originariamente chiusi in situazioni di quasi monopolio, o al più oligopolio. Quando, agli inizi del XX secolo, negli USA la Ford aumentava sensibilmente le paghe dei suoi operai, mentre in Italia la Fiat riduceva altrettanto sensibilmente gli orari di lavoro, potevano contare su mercati nazionali sostanzialmente *captive*, o quasi, che consentivano di trasferire ai lavoratori almeno una parte dei benefici derivanti dal contemporaneo aumento di produttività e di produzione.

Come già ricordato, ancora agli inizi degli anni Settanta l'interscambio commerciale dei Paesi OCSE pesava solo il 5% dei rispettivi PIL; dopo però, anche a causa dello *tsunami* determinato dalle crisi petrolifere, i mercati cominciarono a diventare sempre più globalizzati (l'interscambio OCSE supera il 30% del PIL mondiale), sia per i prodotti, sia – e soprattutto – per il fattore lavoro. I Paesi emergenti hanno immesso sul mercato, ormai sempre più unificato, centinaia di milioni di nuovi lavoratori: sia con flussi migratori verso i Paesi sviluppati, sia (soprattutto) con le importazioni *da* e con la delocalizzazione di fasi produttive (o dell'intero ciclo) *verso* aree in cui il costo del lavoro era (è tuttora) notevolmente più basso.

L'altro fattore di involuzione è costituito dalla crescente partecipazione al mercato del lavoro della “altra metà del cielo”. In Italia, ad esempio, nel 1973 solo il 28% delle donne tra i 15 ed i 64 anni lavoravano o cercavano un lavoro; nel 2024 tale quota era salita a circa il 53%: un notevolissimo incremento quindi della forza lavoro potenziale, a fronte di un contesto produttivo che ne offre sempre meno.

È appena il caso di rilevare che entrambi i fattori di involuzione della condizione *media* dei lavoratori costituiscono il rovescio della medaglia di positive evoluzioni che hanno favorito centinaia di milioni di persone (donne, popolazioni dei Paesi meno sviluppati) che, entrando in un mondo del lavoro precedentemente precluso, hanno visto migliorare notevolmente la loro situazione individuale.

Complessivamente, quindi, l'offerta di forza lavoro è aumentata enormemente, a fronte di una domanda che non riusciva a crescere con la stessa rapidità, e di una pressione concorrenziale che induceva gli imprenditori a cer-

care sempre più significative riduzioni del costo del lavoro, anche con *outsourcing* che hanno interessato prima la Cina, poi il Vietnam, l'India e, in un prossimo, prevedibile (e per molti versi auspicabile), futuro, l'Africa.

Quali sono le conseguenze? I benefici dell'aumentata produttività, che non sono mai cessati, sono stati concentrati sull'assorbimento degli effetti dell'aumentata competizione e su una sempre maggiore remunerazione del fattore produttivo capitale, a spese del lavoro. In Italia, ad esempio, la quota dei redditi da lavoro sul totale del valore della produzione è sceso dall'82% del 1973 al 69% circa del 2013⁴⁶.

Il combinato disposto, quindi, di tre fenomeni di per sé positivi (innovazione tecnologica di processo e di prodotto, industrializzazione dei Paesi in via di sviluppo, progressivo ingresso nel mondo del lavoro di donne e immigrati) ha avuto effetti deleteri sull'occupazione; non potendo più "permetterci" riduzioni significative nei tempi di lavoro, abbiamo visto aumentare, al netto delle oscillazioni congiunturali, i tassi di disoccupazione: in Europa si è passati da valori tra il 2% e il 3% negli anni Sessanta, a livelli tra il 6% ed il 10% (ed anche oltre) dagli anni Ottanta in poi, con leggere oscillazioni, anche in controtendenza, a seguire (soprattutto con il progressivo slittamento da disoccupati a sottoccupati per part-time involontario, lavoro stagionale o a termine).

Per non parlare della disoccupazione giovanile, che registra in Unione Europea, e soprattutto in Grecia, Spagna e Italia, valori estremamente elevati. Bisogna peraltro ricordare che, per definizione, il tasso di disoccupazione quantifica la quota di giovani (tra i 15 e i 29 anni) che "è alla ricerca" di lavoro: bisogna poi tener conto dei cosiddetti

NEET (*Not in Education, Employment or Training*, cioè “fuori da istruzione, lavoro o formazione”), una parte significativa dei quali non sono neanche in cerca di lavoro (facendo per lo più affidamento sul reddito dei genitori). In Italia la quota di NEET è particolarmente elevata. Tutto ciò deve farci chiedere se l’elevata disoccupazione (e sottoccupazione) non abbia ormai caratteristiche strutturali, soprattutto nei Paesi industrializzati affetti da particolari problemi, come l’elevato debito pubblico, che riduce le possibilità di politiche attive del lavoro.

5. *Trend* tecnologici in atto

Quali saranno i prossimi sviluppi tecnologici al momento prevedibili? Come vedremo, gli avanzamenti dell'IA costituiscono la quasi totalità degli ambiti più impattanti (seguiti da quelli sulle biotecnologie). Il *McKinsey Technology Trends Outlook 2025*⁴⁷ individua 13 differenti ambiti tecnologici con il potenziale di trasformare il *global business*, cioè di incidere significativamente sui sistemi produttivi mondiali:

- 1) **Intelligenza Artificiale.** La IA è certamente l'ambito di ricerca e sviluppo tecnologico attualmente più rilevante, anche perché impatta, più o meno direttamente, su tutti gli altri esaminati nel report. Nel solo 2024 il settore ha registrato investimenti azionari per oltre 124 miliardi di dollari, con un aumento del 35% nel numero dei posti di lavoro offerti (*job posting*). In realtà il concetto di AI non è una novità, ed è gravato da diverse ambiguità, che si originano nelle difficoltà di individuare significati univoci ai termini “intelligenza”, ed anche, sia pure in misura minore, “artificiale”. Per questo molti preferiscono definirla attraverso un “ridimensionamento” del suo obiettivo, «che non è più quello di svolgere compiti intelligenti, né tantomeno di *essere* intelligente, ma solo di apparire umana, di *simulare* con efficacia il comportamento umano». ⁴⁸ Se per essa pertanto intendiamo l'ambito di ricerca che «studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che consentono di progettare

sistemi hardware e sistemi di programmi software atti a fornire all'elaboratore elettronico prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana»⁴⁹, troviamo che già da molti anni, per competenze professionali specialistiche come, ad esempio, il calcolo strutturale in ingegneria o la diagnostica per immagini in radiologia, vi sono software in grado di simulare le competenze di ottimi professionisti, il cui operato si limita sempre più all'introduzione degli input ed alla validazione degli output. La novità sta nella "Intelligenza Artificiale Generale" (AGI), che indica una forma di intelligenza artificiale capace di comprendere, apprendere e applicare le proprie capacità cognitive a qualsiasi compito intellettuale che un essere umano può svolgere. Una prima forma, già disponibile in software come ChatGPT o DeepSeek, è l'"Intelligenza Artificiale Generativa" che genera nuovi contenuti, come testo, immagini, musica, audio e video, utilizzando modelli di apprendimento automatico, in particolare il *large language model* (LLM). Secondo i più appassionati "profeti" dell'AI, come Elon Mask, l'AGI sarà (o è già?) in grado di auto-migliorarsi, fino a creare forme di "superintelligenza", con esiti assolutamente imprevedibili che vanno da visioni paradisiache di sviluppi tecnologici e biologici illimitati (eterna giovinezza?) a distopie catastrofiche nelle quali una superintelligenza "sfuggita di mano" (in particolare nella forma di *Agentic AI*), svilupperebbe una volontà propria, ed autonoma, che potrebbe portare alla distruzione della specie umana. È interessante notare come il dibattito sull'argomen-

to esorbiti dall'ambito strettamente tecnologico per sfociare in considerazioni filosofiche sul concetto stesso di libero arbitrio, nell'essere umano oltre che nella macchina⁵⁰.

D'altro canto, almeno per le prime applicazioni, l'impatto dell'AI sui sistemi produttivi sembrava essere piuttosto limitato: il 78% delle organizzazioni interpellate sull'argomento dalla McKinsey nel 2025⁵¹ dichiarava di utilizzare l'AI in almeno una funzione, ed il 92% stava pianificando ulteriori investimenti nei successivi tre anni, mentre solo l'1% riteneva di aver raggiunto la piena maturità sul tema. D'altro canto, nello stesso periodo l'80% delle imprese che utilizzavano l'AI dichiaravano di non aver registrato alcun significativo impatto sui loro conti economici⁵²: un "*AI paradox*" che ricorda le ironiche considerazioni di Robert Solow innanzi citate.

- 2) *Agentic AI* (Agenti di Intelligenza Artificiale). È un ambito di applicazione dell'AI che l'*Outlook* McKinsey considerava autonomamente in quanto, appena "nato" (nel 2024 ha registrato investimenti azionari per 1,1 miliardi di dollari, contro i 124 dell'AI in generale) aveva immediatamente registrato una crescita esponenziale nel *job posting* (+ 985% rispetto al 2023). Può essere definito come un sistema di IA in grado di programmare ed eseguire in maniera indipendente compiti complessi sviluppati in fasi successive, compiendo azioni, comunicando con altri *Agentic AI* e raccogliendo e utilizzando nuove informazioni. Un Agente di AI è pertanto in grado di operare come un essere umano, recependo ed emettendo indicazioni in linguaggio naturale, e ponendosi come principa-

le interfaccia tra l'AI in generale e i suoi innumerevoli ambiti di applicazione, sia fisici (robotica) che immateriali (produzione di documenti, ma anche di video, audio, etc.). Nel 2025 sono stati presentati sul mercato diversi *Agentic AI*, come OpenAI Operator, destinato prevalentemente a funzioni private, come l'organizzazione di viaggi; Manus AI, che "impersona" un componente di team virtuale; Gemini 2.5 Flash, supporto agli sviluppatori per la produzione di applicativi in ambito web.

- 3) *Application-specific semiconductors* (*chip* per applicazioni specifiche). Mentre i normali chip sono *general purpose*, cioè utilizzabili per molte differenti applicazioni software, per alcune applicazioni – come il *training*, cioè l'istruzione, dei sistemi di AI, lo sviluppo di *chip* appositamente dedicati può consentire notevoli vantaggi in termini di rapidità e di risparmio energetico (ricordiamo che la gestione degli enormi *data center* necessari allo sviluppo dell'AGI comporta consumi energetici, diretti e di climatizzazione, di entità sempre crescenti). Tra le tecnologie innovative coinvolte in questi sviluppi, particolarmente interessante appare la *silicon photonics* (fotonica del silicio). Questo ambito di ricerca registrava, nel 2024, cospicui investimenti azionari (7,5 miliardi di dollari) con una crescita del 22% nel *job posting* rispetto all'anno precedente.
- 4) *Advanced connectivity* (connettività avanzata). Questo ambito di ricerca e sviluppo copre l'insieme delle tecnologie che potenziano ed espandono le reti di telecomunicazione e di interconnessione tra apparati

(IoT – *Internet of Things*): *wireless low-power networks*, sistemi 5G e 6G per i cellulari, standard Wi-Fi 6 e 7, satelliti in orbite basse, fibre ottiche. In particolare, la tecnologia 6G introdurrà nuove possibilità, come il *sensing* più avanzato, cioè il potenziamento della possibilità per gli smartphone di essere produttori (e non solo ricettori) di dati, il che comporterà notevoli potenzialità in settori come la telemedicina, ma anche ulteriori problemi di privacy. Questo settore registrava, nel 2024, elevati investimenti azionari (44,2 miliardi di dollari), ma un calo del 14% nel *job posting*, il che fa ritenere che l'attività si stesse concentrando sullo sviluppo e sulla commercializzazione dei risultati di ricerca già ottenuti piuttosto che su ulteriori frontiere di indagine scientifica.

- 5) *Cloud and edge computing*. È l'insieme delle tecnologie di ottimizzazione dei processi di decentramento nell'elaborazione dei dati allo scopo di sopperire all'enorme, e sempre crescente, mole di flussi informativi connessi agli sviluppi dell'AI. Questo approccio massimizza l'efficienza tecnica ed economica dei processi portando in conto fattori quali la *latency* (tempo che intercorre tra l'invio di una richiesta o di un pacchetto di dati e la ricezione della relativa risposta e/o conferma), il costo del servizio, la sicurezza e la proprietà dei dati. Questo settore registrava, nel 2024, investimenti azionari molto elevati (80,8 miliardi di dollari), con un aumento di appena il 2% nel *job posting*, il che fa ritenere che, anche in questo caso, gli sviluppi si stessero orientando sullo sviluppo industriale dei risultati già conseguiti e sull'espansione quantitativa delle reti (con la loro progressiva regio-

nalizzazione, in controtendenza rispetto all'iniziale globalizzazione) piuttosto che sulla ricerca di ulteriori sostanziali innovazioni tecnologiche.

- 6) *Immersive-reality technologies*. Sono tecnologie di realtà “immersiva”, come la “realtà aumentata” (*smart glasses*, cioè occhiali che fungono contemporaneamente da schermo del proprio smartphone), visori di “realtà virtuale” (per videogiochi, ma anche per la formazione di chirurghi, piloti, manutentori, ecc.), sensori tattili e in generale supporti per migliorare le capacità di visualizzare, tracciare e controllare processi fisici. Particolarmente rilevanti sono le applicazioni sull'interfaccia uomo-macchine e sulla robotica. Questo settore registrava, nel 2024, investimenti azionari rilevanti (6 miliardi di dollari), con un calo del 11% nel *job posting*, il che fa ritenere che, come nei due precedenti casi, gli sviluppi si stessero concentrando sul trasferimento tecnologico e sulla commercializzazione dei risultati già conseguiti piuttosto che sulla ricerca di ulteriori sostanziali progressi scientifici.
- 7) *Cybersecurity*. La crescente pervasività delle ICT ha fatto esplodere il problema della sicurezza informatica (*cybersecurity*) in particolare, ma non esclusivamente, nelle loro applicazioni finanziarie (*home banking, cryptocurrency*, ecc.). È pertanto sempre più importante garantire sicurezza, trasparenza ed affidabilità alle interazioni digitali, assicurando la verifica delle identità delle parti coinvolte, la protezione dei dati sensibili, la sicurezza dei sistemi crittografici, la rilevazione e il contrasto delle minacce informatiche, l'utilizzo dei sistemi *blockchain* (che appaiono, almeno per il mo-

mento, una tecnologia di elevata sicurezza). Questo settore appariva in costante crescita, avendo registrato, nel 2024, investimenti azionari estremamente elevati (77,8 miliardi di dollari), con un aumento del 7% nel *job posting*.

- 8) *Quantum-based technologies*. Le tecnologie quantistiche fanno uso delle particolari proprietà della meccanica quantistica (in particolare la capacità per la singola entità onda-particella di ricoprire contemporaneamente più stati) per eseguire calcoli complessi con velocità esponenzialmente più elevate di quelle garantite dai pur potentissimi *chip* “tradizionali”, realizzare reti di comunicazioni più sicure (*cybersecurity*), e sensori più sensibili delle loro controparti “tradizionali”. Vi sono già diversi prototipi di computer quantistici in funzione, ma le difficoltà tecnologiche da superare appaiono ancora molto elevate: è questo probabilmente il motivo per cui, nel 2024, gli investimenti azionari nel settore apparivano relativamente ridotti (“solo” 2 miliardi di dollari), con una riduzione del 15% nel *job posting*, in calo di oltre il 60% rispetto al picco del 2022.
- 9) *Robotics*. Gli sviluppi della robotica sui quali si sta lavorando comprendono robot in grado di svolgere compiti complessi in termini autonomi o semi-autonomi, adattandosi all’ambiente con livelli crescenti di autonomia e agilità, specie nel campo dei veicoli a guida autonoma e dei robot umanoidi. Questo settore registrava, nel 2024, investimenti azionari rilevanti (7 miliardi di dollari), con un calo marginale (-2%) nel *job posting*, confermandosi un ambito di ricerca

e sviluppo stabile, con notevoli potenzialità applicative in ambito sia industriale che “civile” (sanitario, residenziale, etc.).

- 10) *Mobility*. Questo settore ha ampie aree di sovrapposizione e/o convergenza con il precedente. Le tecnologie coinvolte includono i veicoli a guida autonoma, i veicoli elettrici, i droni, la mobilità aerea (aeromobili elettrici a decollo verticale), la micromobilità (scooter e biciclette elettrici) con l'obiettivo di migliorare efficienza, sicurezza, sostenibilità dei sistemi di trasporto. Questo settore registrava, nel 2024, livelli di investimenti azionari molto elevati (131,6 miliardi di dollari), con un aumento del 6% nel *job posting*.
- 11) *Bioengineering*. Questo ambito di ricerca e sviluppo si occupa delle applicazioni dell'ingegneria alla biologia, utilizzando sviluppi tecnologici quali l'editing genetico e la *synthetic biology*, in particolare per applicazioni sanitarie agroalimentari e zootecniche. Questo settore registrava, nel 2024, investimenti azionari molto rilevanti (57 miliardi di dollari), con un calo del 17% nel *job posting*, concentrato sulle figure professionali più qualificate, il che fa ritenere che, anche in questo caso, gli sviluppi si stessero concentrando sul trasferimento tecnologico e sulla commercializzazione dei risultati già conseguiti (ad esempio per la carne sintetica) piuttosto che sulla ricerca di ulteriori sostanziali progressi scientifici.
- 12) *Space technologies*. Le tecnologie spaziali comprendono i sistemi di satelliti, i vettori di lancio, i moduli spaziali abitativi, le missioni esplorative, le costellazioni di satelliti ad orbita bassa, la connettività tra satelliti e

reti terrestri, l'osservazione della superficie terrestre, tutti ambiti che hanno ricevuto negli scorsi anni un enorme impulso dal notevolissimo calo nel costo dei lanci grazie ai vettori riutilizzabili. Questo settore registrava, nel 2024, investimenti azionari rilevanti (9,3 miliardi di dollari), con un calo del 9% nel *job posting*, confermandosi un ambito di ricerca e sviluppo stabile.

- 13) *Energy and sustainability technologies*. Le tecnologie per l'energia e la sostenibilità coprono un'ampia gamma di innovazioni che mirano a migliorare radicalmente le modalità di produzione, trasporto e utilizzazione dell'energia in termini di maggiori resilienza e sostenibilità. Ciò include uno spettro di tecnologie che coprono l'intera catena del valore dell'energia, con particolare attenzione all'elettrotecnica ed all'elettronica. È questo l'ambito di ricerca e sviluppo che registrava, sempre nel 2024, il più elevato livello di investimenti azionari (223,2 miliardi di dollari) con un calo del 6% nel *job posting*.

È evidente che tutti questi settori di ricerca e sviluppo sono, direttamente o indirettamente, fortemente connessi alle ICT, e in particolare all'AI, che si conferma una sorta di "meta-tecnologia" in grado di influenzare in maniera massiccia i nostri sistemi produttivi ed economici, ma anche sociali e sanitari, in termini sostanzialmente ancora imprevedibili, con valutazioni che spaziano dalle più paradisiache utopie alle più agghiaccianti distopie. In termini più ragionevolmente problematici, nel lontano 1955, John von Neumann, uno dei più grandi intellettuali del XX secolo, facendo riferimento ad un altro ambito di sviluppo tec-

nologico (la proliferazione delle armi atomiche), espresse concetti che oggi ci appaiono estremamente attuali, se non addirittura profetici, se riferiti – in particolare – alla AI ed alle sue applicazioni: «gli sviluppi tecnologici ci hanno dato la possibilità di innescare fenomeni industriali, commerciali, politici e migratori di entità e rapidità sempre crescenti. Ma i tempi di reazione umani sono limitati da fattori psicologici e fisiologici che non ci consentono di aumentare parallelamente le nostre capacità di controllo.

Di conseguenza gestiamo fenomeni sempre più grandi e veloci in tempi che non si riducono con pari rapidità. Questa importante evoluzione ha un limite naturale che è la dimensione della terra (*This important evolution has a natural limit, that of the earth's actual size*)»⁵³. È assolutamente importante che di questo limite si abbia adeguata consapevolezza, possibilmente senza prospettare fantascientifiche soluzioni (come la colonizzazione di Marte, cara ad Elon Musk) ai pressanti problemi di sostenibilità ambientale.

6. Rivoluzioni industriali e crescente diseguaglianza

Gli ultimi decenni sono stati contraddistinti da una notevole *riduzione* delle diseguaglianze dei redditi pro-capite *tra* Paesi industrializzati ed in via di sviluppo da una parte, insieme a notevoli *aumenti* delle diseguaglianze nei redditi individuali *negli* stessi Paesi dall'altra.

Il primo fenomeno è strettamente connesso alla globalizzazione, che ha visto grandi Paesi passare rapidamente da un'economia di mera sopravvivenza, o quasi, a produzioni industriali paragonabili a quelle dei Paesi più avanzati: esemplare è il caso della Cina, dove il PIL pro capite (espresso in dollari USA attuali) è cresciuto di circa 78 volte tra il 1970 e il 2017 (nello stesso periodo il PIL pro capite italiano è aumentato di “solo” 15 volte⁵⁴).

Il secondo, al quale – anche a seguito della pubblicazione del controverso studio di Thomas Piketty⁵⁵ – è stata recentemente dedicata una crescente attenzione, ha certamente molteplici cause, sia specifiche (si pensi agli effetti delle politiche fiscali di Margaret Thatcher nel Regno Unito e di Ronald Reagan – e più recentemente di Donald Trump – negli USA) che generiche. Tra queste, fondamentale è certamente il crescente contributo della meccanizzazione e dell'automazione ai processi produttivi.

Ogni volta, infatti, che si sostituisce un lavoratore con un macchinario (o con un *software*) si sposta la remunerazione del relativo valore aggiunto dallo stesso lavoratore al detentore del capitale. Mentre però quasi ogni essere uma-

no è – almeno potenzialmente – un lavoratore, la proprietà del capitale è molto più concentrata in relativamente poche mani. Secondo l'Oxfam, l'1% più ricco della popolazione mondiale possiede più ricchezze del restante 99% ed il crescente peso del capitale tra i fattori di produzione fa sì che i redditi – concentrandosi sempre più a suo vantaggio – vadano ad aumentare in misura crescente tale accumulazione. L'aumento della quota di PIL mondiale di competenza dell'economia digitale (caratterizzata da livelli di automazione ancora maggiori rispetto a quella manifatturiera) contribuisce ad esasperare ulteriormente il fenomeno.

Nel 1990, le prime tre imprese USA per capitalizzazione (per complessivi 36 miliardi di dollari) erano aziende automobilistiche localizzate a Detroit, che occupavano in tutto 1.200.000 lavoratori. Nel 2014 le tre principali imprese statunitensi erano invece aziende digitali ubicate nella “Silicon Valley”: capitalizzavano 1.000 miliardi di dollari, con soli 137.000 dipendenti. Il capitale da remunerare era pertanto aumentato di quasi 28 volte, mentre i lavoratori si erano ridotti di oltre l'88%!

Non solo: la remunerazione di questi (relativamente) pochi dipendenti è fortemente differenziata; l'investimento in talenti in AI ha reso miliardari alcuni giovanissimi brillanti informatici, allontanandoli enormemente (dal punto di vista retributivo) dai “normali” ricercatori. Ha fatto scalpore a Wall Street la decisione di Zuckemberg di fondare la divisione *Meta Superintelligence Labs*, guidata da Alexandr Wang (giovannissimo ex-CEO di *Scale AI*, da lui creata prima ancora di laurearsi) e Nat Friedman, per puntare allo sviluppo di una nuova superintelligenza. L'investimento iniziale è stato dell'ordine delle decine di miliardi di dollari, con un numero dei nuovi occupati molto ridotto, almeno

nelle posizioni di vertice: il team iniziale contava circa 50 ricercatori di élite specializzati in multimodale (testo, voce, immagine, video). Tra questi almeno 11 top *researchers* sono stati sottratti a OpenAI, DeepMind e Anthropic, con offerte di *signing bonus* senza precedenti: fino a 100 milioni di dollari ai talenti di punta. Sempre più i compiti più operativi negli sviluppi dell'AI sono svolti dalla stessa AI, limitando l'intervento umano a (relativamente) pochi "creativi" geniali. Non è un caso che 7 dei 13 settori emergenti di ricerca e sviluppo tecnologici innanzi citati registrino nel 2025 un calo del *job posting*.

Questo enorme aumento delle disuguaglianze di reddito e ancor più di ricchezza solleva problemi "non solo" etici (e, come tali, legati alla sensibilità morale ed ideologica individuale), ma anche strutturali, rispetto agli equilibri economici mondiali.

Un grafico pubblicato nella già citata opera di Thomas Piketty mostra la quota parte del reddito appannaggio del 10% più ricco della popolazione degli USA tra il 1917 ed il 2012: partita dal 40%, tale quota raggiunge quasi il 50% nel 1929 (l'anno della grande crisi), per poi scendere progressivamente fino a valori oscillanti intorno al 33-35% alla fine degli anni Settanta, per poi risalire rapidamente durante e anche dopo la presidenza Reagan, fino a raggiungere nuovamente il 50% nel 2007 (anno di inizio di una nuova crisi). Sembra proprio che oltre certi livelli di disuguaglianza – con buona pace dei sostenitori della teoria del *trickle down* ("sgocciolamento"), secondo cui la ricchezza concentrata nelle mani di pochi finirebbe, attraverso i loro consumi, per "sgocciolare" sui livelli di reddito più bassi – l'economia di mercato entri in crisi, proprio a causa di tale eccessiva concentrazione.

È noto, infatti, che la propensione marginale al risparmio (cioè la quota parte di reddito individuale aggiuntivo destinata da ciascuno di noi al risparmio piuttosto che al consumo) aumenta al crescere dello stesso reddito (ed è sostanzialmente nullo, o addirittura negativo, con l'indebitamento, per i redditi più bassi): di qui gli eccessi di liquidità che caratterizzano la finanza internazionale ed insieme la contrazione (relativa) della domanda aggregata di beni e servizi finali.

Non è un caso che un importante organo di informazione come *The Economist*, pur essendo da sempre schierato su politiche ragionevolmente liberiste, da alcuni anni sollevi sistematicamente il problema dell'aumento della "disoccupazione tecnologica" e – conseguentemente – dell'eccessiva diseguaglianza dei redditi, che sta mettendo in crisi l'intero sistema capitalistico.

Le conseguenze di tali fenomeni sono ampiamente generalizzate, non solo nei dati macroeconomici, ma anche nella percezione del contesto sociale: la quota parte di cittadini italiani che si identifica nella classe media cala progressivamente, a favore di quelli che si auto-collocano nella classe inferiore.

7. La tempesta perfetta: che fare?

L'insieme combinato dei fenomeni innanzi sintetizzati sembra definire sempre più un quadro macroeconomico (e sostanzialmente globale) estremamente preoccupante. Le ineludibili esigenze di sostenibilità ambientale dovrebbero costringerci a ridurre (o quanto meno, in prima battuta, a stabilizzare) la quota di utilizzo di risorse materiali (*in primis*, petrolio e gas naturale) pro capite.

Potremo certamente avvantaggiarci dei crescenti livelli di dematerializzazione per spostare ulteriori quote di PIL su produzioni a minor impatto ambientale, ma comunque dovremo (a partire dalle nazioni occidentali “storicamente” industrializzate) fare i conti con ineludibili quanto sostanziali modifiche agli stili di vita che caratterizzano quote crescenti della popolazione mondiale.

Da parte di alcuni scienziati si fa molto affidamento sui futuri sviluppi tecnologici – che certamente ci saranno – per risolvere i problemi di esaurimento delle risorse naturali (materiali alternativi, economia circolare) e di impatto ambientale (confinamento del CO², ulteriori sviluppi delle energie rinnovabili). A queste speranze (perché tali sono) fanno più o meno esplicitamente riferimento i movimenti che contestano le iniziative di lotta ai cambiamenti climatici (che necessariamente devono avere portata globale) per il loro impatto economico immediato (comunque locale), ignorando, o addirittura sbeffeggiando, ogni atteggiamento più responsabile (*drill, baby, drill!*, “trivella, bimba, trivella!”),

urla Trump applaudito dagli industriali USA del settore dei combustibili fossili). Alla luce di tali sempre più diffusi atteggiamenti (si pensi allo scetticismo dei sovranisti di molti Paesi europei nei confronti del *green deal*), suonano amaramente profetiche le parole di Marshall McLuhan, pioniere degli studi sull'impatto sociale e politico dei media: «Man mano che cominciamo a reagire in profondità alla vita sociale e ai problemi del nostro villaggio globale, diventiamo reazionari. La partecipazione, accompagnata alle nostre tecnologie istantanee, trasforma [anche] le persone socialmente più avanzate in conservatori»⁵⁶.

A causa dei crescenti fenomeni di robotizzazione ed automazione, la sempre maggiore abbondanza di risorsa lavoro (a parità di produzione) aumenta la disoccupazione e comprime le retribuzioni. Tale fenomeno non coinvolge più i soli settori primario (agricoltura, pesca, estrazione) e secondario (manifattura), ma interessa progressivamente anche il terziario, a tutti i livelli di specializzazione: si pensi alle autovetture a guida autonoma, alla progressiva scomparsa delle rivendite di giornali e delle agenzie di viaggio, per arrivare fino ai *software* in grado di aumentare sostanzialmente la produttività del lavoro di ingegneri, medici, avvocati, etc.

In definitiva, si prospetta un mondo in cui sempre più, come ha magistralmente sintetizzato il sociologo del lavoro Domenico De Masi: «[i] produttori [*robot* e *software*] non consumano, ed i consumatori non producono»⁵⁷, e dove – a causa dei vincoli ambientali ormai non più eludibili – è sempre più difficile sfuggire alla “disoccupazione tecnologica” aumentando i volumi di produzione: la quarta rivoluzione industriale ci regala enormi potenzialità, ma – come per il tocco di Re Mida – rischia di essere causa della

scomparsa del genere umano, se non sapremo accettare ed affrontare coerentemente i limiti di sostenibilità ambientale (alterazioni climatiche, inquinamento, esaurimento delle risorse naturali) e sociale (disoccupazione, diseguaglianze) che ne derivano. Per dirla con Joseph E. Stiglitz, premio Nobel per l'economia nel 2001: «L'età dell'abbondanza ci ha resi più poveri»⁵⁸.

Quali sono le risposte che vengono proposte a tali problematiche? Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, la linea, ancorché in termini di azioni concrete tuttora assolutamente insufficienti, sembra essere, se non tracciata, quanto meno orientativamente indicata secondo le linee di politica economica (economia circolare, riduzione dei consumi, sostituzione delle fonti energetiche fossili con quelle rinnovabili, lotta ai cambiamenti climatici, sviluppi tecnologici per individuare nuove soluzioni) e di evoluzione culturale degli stili di vita (ancor più difficili da conseguire) innanzi accennate.

Più variegato appare invece il *range* delle risposte ipotizzate per l'altra fonte di insostenibilità: la disoccupazione tecnologica ed il connesso aumento delle diseguaglianze socioeconomiche. Proveremo, qui di seguito, a sintetizzare – senza alcuna pretesa di esaustività – le più significative linee culturali (e, in un certo senso “ideologiche”) riscontrabili in letteratura.

“Negazionisti”. Secondo alcuni economisti neoclassici (un esempio per tutti: Atkinson e Wu⁵⁹) ancora una volta, come due secoli fa, la “mano invisibile” del mercato saprà costruire nuovi equilibri e la crescita della produzione compenserà l'aumento della produttività individuale, nel più o meno implicito presupposto che la tecnologia saprà trovare soluzioni anche ai problemi (ambientali) che al mo-

mento ci appaiono così pressanti. Sono posizioni che, al sommosso parere di chi scrive, appaiono più fideistiche che oggettivamente scientifiche, guidate da un ottimismo ben sintetizzabile dagli indimenticabili, ironici, versi leopardiani: «Dipinte in queste rive son dell'umana gente le magnifiche sorti e progressive».

“Localisti”. È la posizione di chi, riconoscendo il problema generale, cerca di affrontarlo utilmente a livello locale: essa è esplicitamente esemplificata dai ricercatori del MIT Brynjolfsson e McAfee, in un loro famoso testo⁶⁰ nel quale, dopo aver efficacemente argomentato in merito all'impossibilità di contrastare in maniera sostanziale il progressivo trasferimento di funzioni produttive dall'essere umano alla “macchina”, concludono sostenendo che – se il lavoro umano meglio retribuito è destinato ad essere sempre più confinato in relativamente limitate “nicchie” di creatività, specializzazione ed innovazione – il loro Paese (cioè gli USA) deve adoperarsi perché la propria forza lavoro sia il più possibile presente in tali nicchie.

Si tratta di una posizione assolutamente legittima, che trova peraltro amplissimo riscontro nelle affermazioni e (in misura invero meno ampia) nelle scelte di indirizzo economico ed industriale di moltissimi governanti. È evidente, però, che quella che si configura come una buona soluzione locale lo è inevitabilmente a discapito di altri contesti produttivi (a scala continentale, o nazionale, o regionale), in quanto se, a parità di produzione globale, il contributo del lavoro umano diminuisce a favore di quello del capitale, l’“accaparramento” delle sempre più ridotte quote di lavoro ad elevato valore aggiunto da parte delle aree geografiche “dominanti” non può che andare a discapito di quelle più svantaggiate, mettendo a rischio il processo di

convergenza tra Paesi che ha caratterizzato, sia pure con notevoli eccezioni e discontinuità, gli ultimi decenni.

In questa macro-divisione del lavoro a livello globale, le produzioni più impattanti a livello ambientale (si pensi all'estrazione e lavorazione delle terre rare) finiscono per essere concentrate in Paesi che, per contesto politico (la Cina) o economico-sociale (l'Africa) sono inevitabilmente meno "attenti" (per usare un eufemismo) all'impatto ambientale delle loro attività.

"Ammortizzatori". È la posizione di chi, riconoscendo – come i "localisti" – l'ineluttabilità del fenomeno, propone soluzioni di rallentamento dello stesso, con interventi di carattere fiscale che rendano "un po' meno conveniente" il ricorso all'automazione. Si ipotizza così di "far pagare" ai robot (e alle altre forme di automazione) i contributi previdenziali dei lavoratori che sono andati a sostituire⁶¹ e/o di introdurre altre forme di tassazione, come proposto da Bill Gates nel 2017. Si tratta, anche in questo caso, di soluzioni locali, sia pure di segno opposto all'approccio precedente, in quanto interventi fiscali (inevitabilmente nazionali) rischiano di avere l'effetto di svantaggiare il Paese che li mettesse in atto rispetto ai suoi *competitor*.

"Redistributori". È probabilmente il comparto ideologicamente più numeroso, in termini di contributi da parte di economisti e politici che – avendo preso atto delle caratteristiche strutturali, e non più congiunturali, della disoccupazione tecnologica – si sono posti il problema di come garantire ai disoccupati (o, meglio, inoccupati) permanenti un reddito, più o meno dignitoso, di sopravvivenza. Le proposte più rappresentative sono: *i*) Reddito minimo garantito: consistente nell'individuazione di un livello minimo di reddito da garantire a tutti i cittadini, integrando

gli eventuali introiti da lavoro o da altre fonti con un contributo pubblico, eventualmente sotto forma di “imposta sui redditi negativa”, come proposto nel 1980 dal premio Nobel per l’economia Milton Friedman⁶²; ii) Reddito di cittadinanza: permanentemente erogato a tutti i cittadini, qualunque sia il loro stato di eventuale occupazione, cumulabile con altri redditi. Un reddito quindi distribuito a tutti, senza alcun limite o vincolo, come avviene (con un’esperienza consolidata ormai da anni) in Alaska, dove è reso possibile – peraltro in misura discontinua e marginale: 2.000-3.000 \$/anno – dalla notevole entità delle *royalties* petrolifere e, ancor più, dalla ridotta entità della popolazione interessata; iii) Azionariato distribuito: si ipotizza la forzata distribuzione di quote del profitto generato dalle imprese che si avvalgono delle innovazioni tecnologiche (e per le quali, pertanto, la remunerazione del capitale investito risulta particolarmente elevata rispetto a quella del lavoro) tra tutti i cittadini; la proposta è stata avanzata, tra gli altri, da Kaushik Basu⁶³, già *Senior Vice President* e *Chief Economist* della World Bank, ed ha il merito, rispetto alle due precedenti, di innescare una connessione diretta e causale tra avanzamento della disoccupazione tecnologica e meccanismo redistributivo; iv) Potenziamento dei “tradizionali” meccanismi di redistribuzione del reddito: maggiore progressività delle imposte dirette, tasse sui patrimoni e sulle successioni; è questo l’approccio proposto dal già citato Joseph Stiglitz⁶⁴, che ha il vantaggio di non richiedere particolari innovazioni concettuali, ma si scontra con l’enorme capacità elusiva sviluppata dalle imprese multinazionali, in particolare da quelle della *web economy*, e con la macroscopica difficoltà di coordinamento a livello sovranazionale; ed infine, naturalmente, la soluzione ipotizzata da Keynes un secolo fa: il «lavorare meno, lavorare tutti».

8. Una società sempre più diseguale?

Non necessariamente...

È auspicabile (ma non necessariamente probabile) che – nel prossimo futuro – si assista ad un progressivo (anche se purtroppo diseguale e tardivo) slittamento delle posizioni accademiche prima, e politiche poi, dai “negazionisti” e “localisti” agli “ammortizzatori” e “redistributori”. Ma quale misura di redistribuzione ci possiamo attendere?

Al di là di singole (e spesso autorevoli) posizioni individuali molto radicalizzate, non possiamo non rilevare come la preoccupazione (relativamente) dominante a livello dei grandi gruppi finanziari e delle classi politiche che li rappresentano sia ispirata più all'esigenza di alimentare la domanda aggregata di beni e servizi ed al timore che l'insostenibilità sociale sfoci in eventi drammaticamente traumatici, che non a sentimenti di umana solidarietà. Non è un caso che uno dei primi e principali fautori del reddito minimo garantito (sotto forma di imposta sui redditi negativa) sia stato un ultraliberista come Milton Friedman, alfiere della più ampia liberalizzazione dei mercati, ed acerrimo avversario dell'intervento pubblico in economia.

Si delinea pertanto un futuro, alquanto distopico, in cui, ad una minoranza di cittadini che svolge attività creative ad elevatissimo valore aggiunto, o che comunque, limitandosi ad amministrare le proprie ricchezze, gode di rendite crescenti e sempre più consolidate, si contrappone una maggioranza sottoccupata in attività a basso valore aggiunto, o

addirittura del tutto inoccupata.

Scriva l'economista Tyler Cowen, con specifico riferimento agli USA: «Immagino un mondo in cui, diciamo, dal 10% al 15% della cittadinanza è estremamente ricco, e conduce vite fantasticamente confortevoli e stimolanti, l'equivalente degli attuali milionari, ma con migliori cure mediche. La maggior parte del resto del Paese avrà redditi stagnanti, o anche in discesa, in termini monetari, ma molte più opportunità per divertimento ed educazione a buon mercato»⁶⁵.

Una società, quindi in cui la maggior parte della popolazione sarebbe “tenuta buona” da un sistema economico dispensatore di *panem et circenses*, ma sostanzialmente esclusa non solo dai lussi – sempre più eccessivi – riservati ai pochi fortunati, ma anche dall'enorme significato valoriale che attività lavorative qualificanti e gratificanti possono offrirci.

È vero, infatti, che il lavoro costituisce la terribile condanna biblica: «maledetto sia il suolo per causa tua! Con dolore ne trarrai il cibo per tutti i giorni della tua vita. Spine e cardi produrrà per te e mangerai l'erba campestre. Con il sudore del tuo volto mangerai il pane» (*Genesi*, III, 17-19); ma è altresì vero che un'attività lavorativa ricca di stimoli svolge un ruolo essenziale nella costruzione delle nostre identità personali. Un'alternativa, pertanto, alla radicale divaricazione prospettata da Cowen è quella suggerita, nel più volte richiamato discorso, da Keynes, che suggeriva settimane lavorative (sottintendendo: per tutti) di 15 ore: se la disoccupazione tecnologica sottrae quote di lavoro all'*homo faber*, «dovremo fare di virtù necessità – mettere il più possibile in comune il lavoro superstite».

La virtù della solidarietà umana diventa così, nella visio-

ne del grande economista, necessaria all'instaurazione di un forse utopico, ma certamente non distopico, equilibrio economico e sociale.

Quando, nel brano citato⁶⁶ in apertura di questo saggio, Aristotele ipotizzava la progressiva meccanizzazione delle attività lavorative, la prospettiva non appariva affatto preoccupante a lui ed ai suoi concittadini. Nell'Atene del IV secolo a.C., infatti, 60.000 cittadini si dedicavano alla filosofia, alle arti, alle attività sportive e ludiche, alla politica, mentre 250.000 schiavi svolgevano per loro i compiti più "materialmente" produttivi. Dobbiamo dire che i cittadini non "lavoravano"? O piuttosto che il loro, preziosissimo, ma non per questo debilitante ed alienante, lavoro è stato quello di gettare le fondamenta filosofiche, scientifiche, sociali della nostra civiltà?

Ci stiamo progressivamente avviando verso un mondo in cui un equilibrio socioeconomico (oltre che ambientale) del genere potrebbe essere via via offerto a tutta la popolazione mondiale, con robot e software al posto degli schiavi. Se Keynes prefigurava – nell'arco di un secolo – settimane lavorative di 15 ore per tutti, Bertrand Russell proponeva, come si è visto, un approccio concettuale analogo al problema della disoccupazione tecnologica. Ed in epoca più recente, la "New Economics Foundation" quantificava in 21 ore a settimana un corretto valore di equilibrio⁶⁷.

Certo, arrivare a contesti del genere non è affatto facile: se vogliamo perseguirli dovremo affrontare – in termini necessariamente coordinati a livello internazionale (ed è questa sicuramente la difficoltà maggiore) – enormi mutazioni economiche, sociali e tecnologiche, assegnando alla sostenibilità ambientale quell'irrinunciabile priorità oggi riconosciuta solo a parole, affrontando quindi le grandis-

sime sfide produttive, ma anche di democrazia, solidarietà e fratellanza umana che l'evoluzione comporterà.

Tutti, ma soprattutto i cittadini dei Paesi più sviluppati, dovranno affrontare cambiamenti radicali nei loro stili di vita, rinunciando a qualcosa (in alcuni casi a molto, dal punto di vista “consumistico”), a fronte però di una possibile più che ampia compensazione in termini di qualità della vita: una sfida difficilissima, ma non impossibile e comunque irrinunciabile, se non vogliamo mettere in pericolo la stessa sopravvivenza a medio termine della specie umana.

Abbiamo innanzi ricordato come la Bibbia abbia assegnato al lavoro il ruolo di pena da scontare. Oggi però il galoppante progresso tecnologico permette di prefigurare un mondo che, senza ricorrere necessariamente a processi di generalizzata ed indifferenziata decrescita, più o meno felice, ma distribuendo più equamente le ricchezze, ridefinendo la qualità – e il livello di immaterialità – dei prodotti, ed investendo in tecnologie di sostenibilità ambientale e di economia circolare, ci consenta di sfuggire alla condanna, ritornando alla ben più favorevole situazione che la stessa Bibbia proponeva prima della cacciata dal paradiso terrestre, quella di un uomo felice “amministratore” delle ricchezze naturali: E Dio disse: «Facciamo l'uomo a nostra immagine, a nostra somiglianza, e domini sui pesci del mare e sugli uccelli del cielo, sul bestiame, su tutte le bestie selvatiche e su tutti i rettili che strisciano sulla terra» (*Genesi*, I, 26).

Il paradosso della crescente automazione, del galoppante progresso tecnologico, è tutto qui: può condannare l'umanità a un nuovo medioevo, o condurci a un mondo di benessere (sociale ed economico) generalizzato. Le porte

del Paradiso terrestre possono riaprirsi: una vita migliore, per tutti, è possibile. Se ciò avverrà veramente, dipenderà solo da noi⁶⁸. Ne saremo capaci?

Negli anni sessanta, negli USA, il giocatore ed allenatore di baseball Jogi Berra ebbe grande notorietà per una serie di affermazioni che spesso sfociavano nell'umorismo involontario. Una volta, rispondendo ad un giornalista che gli chiedeva un pronostico sul campionato, affermò: «È difficile fare previsioni, specialmente sul futuro!».

O, in termini più seri: «Nessuno di noi può essere certo di come andrà esattamente. All'interno degli ampi parametri del dilemma si allarga un'immensa gamma di esiti specifici...nei prossimi anni assisteremo a complessi e dolorosi compromessi, tra prosperità, sorveglianza e la minaccia sempre più acuta di una catastrofe...Stiamo per affrontare la sfida definitiva per l'*Homo technologicus*»⁶⁹.

9. L'Intelligenza Artificiale avrà libero arbitrio?

Un problema scientifico e filosofico insieme

Come preannunciato, concludiamo questa disanima degli impatti che l'attuale rivoluzione industriale potrebbe avere sulle nostre vite affrontando un tema spesso accennato, ma raramente approfondito: corriamo il rischio che l'IA sfugga al nostro controllo, esprimendo una propria autonoma volontà ed imponendoci il suo dominio, come ipotizzato in tanti romanzi e film di fantascienza? L'attualissimo dibattito può infatti (e forse deve) essere sviluppato a diversi livelli: concettuale, tecnologico, operativo, economico-organizzativo, ma anche – e più fondamentalmente – filosofico. Chiedersi se un software può sostituire in toto un essere umano significa porsi il problema di se, come, e in che misura, i pensieri, i comportamenti, e le scelte, di ognuno di noi siano completamente sostituibili da opportuni software, in termini tali da rendere i relativi processi indistinguibili: una “perfetta” IA dovrebbe quindi poter superare in ogni circostanza il “test di Turing”, che – ricordiamo – ha lo scopo di verificare se il comportamento di un computer è effettivamente indistinguibile da quello di un essere umano.

Domandarsi se ciò sia possibile significa quindi porsi problemi non solo sul funzionamento dei computer, ma anche su quello dei nostri cervelli: i primi sono delle macchine, ma noi, cosa siamo? Solo cellule e neuroni variamente connessi, il cui operato è ineluttabilmente determi-

nato dalle leggi di natura? O qualcosa di più? Si riaccende così il vecchio, e mai risolto, dibattito tra meccanicismo e idealismo, tra immanenza e trascendenza, che vede nell'esistenza, o meno, del libero arbitrio, inteso come «capacità di scegliere liberamente, nell'operare e nel giudicare»⁷⁰ il principale argomento di contrapposizione. Per secoli questo è stato argomento di dispute filosofiche spesso circoscritte all'ambito teologico, soprattutto dopo che Martin Lutero aveva negato l'esistenza di tale libertà, soppiantandola con la predestinazione, mentre potremmo dire che nel sentire comune il libero arbitrio era, ed è tuttora, data implicitamente per scontato, o quasi: non a caso, in ogni sistema giuridico la responsabilità dell'individuo nei confronti delle proprie azioni (proprio a causa del libero arbitrio) è di norma considerata acquisita, salvo eccezioni "patologiche" da verificare volta per volta.

La situazione cominciò ad evolvere, in termini sostanzialmente inattesi, dopo che le scoperte scientifiche di Galilei e Newton avevano convinto gli uomini di scienza del sostanziale "meccanicismo" dell'universo, confermando le intuizioni di Cartesio, secondo cui esso è composto dalla materia (la *res extensa*) e dal movimento (oggi parleremmo di energia) ad essa imposto da leggi naturali ben precise. In realtà Cartesio affermava anche l'esistenza di una *res cogitans* (caratterizzata da "inestensione, consapevolezza e libertà") di natura puramente spirituale, e quindi "altra" rispetto alla *res extensa* (per cui si parla di dualismo cartesiano), ma la scienza (o almeno il *mainstream* scientifico), come vedremo, ritenne presto che si potesse (dovesse) fare a meno di questa entità immateriale. Se la *res extensa* è soggetta a leggi naturali ben precise, se ne potevano trarre – nell'ambito del riduzionismo più o meno implicito nello studio dei

fenomeni naturali – conseguenze, o quanto meno implicazioni, rivoluzionarie. Afferma Pierre-Simon Laplace nel 1812: «Possiamo considerare lo stato attuale dell'universo come l'effetto del suo passato e la causa del suo futuro. Un intelletto che in un determinato istante dovesse conoscere tutte le forze che mettono in moto la natura, e tutte le posizioni di tutti gli oggetti di cui la natura è composta, se questo intelletto fosse inoltre sufficientemente ampio da sottoporre questi dati ad analisi, esso racchiuderebbe in un'unica formula i movimenti dei corpi più grandi dell'universo e quello degli atomi più piccoli; per un tale intelletto nulla sarebbe incerto e il futuro proprio come il passato sarebbe evidente davanti ai suoi occhi». La conseguenza logica, ed ineluttabile, di tale meccanicismo è quindi l'assoluto determinismo dell'intero universo, compresi gli organismi viventi, tra i quali anche (se rinunciamo all'esistenza della *res cogitans*) l'essere umano, o meglio il suo corpo, i cui organi sono costituiti da cellule, queste da molecole, e quindi da atomi, e da particelle elementari, tutti soggetti alle forze «che mettono in moto la natura». Se ciò è vero, se il determinismo universale si estende anche al mondo animato, e in particolare all'intera umanità, si delinea una visione della realtà che esclude il libero arbitrio, sostituendolo con la “automatica” attuazione di catene di causa/effetto il cui “motore primo” sarebbe solo, ed esclusivamente, l'azione delle forze fondamentali, e universali, della natura sulla materia di cui siamo composti, che avrebbero pertanto determinato ineluttabilmente il nostro passato, così come determineranno, altrettanto immancabilmente, il nostro futuro.

È interessante notare come molti scienziati abbiano avuto, ed abbiano tuttora, un atteggiamento piuttosto am-

biguo rispetto a tale tesi, accettandola formalmente (in quanto laicamente coerente con le principali teorie scientifiche) ma evitando di trarne le inevitabili conseguenze (che dovrebbero portare ognuno di noi ad ammettere di non poter esercitare alcun libero arbitrio, e di essere pertanto solo dei robot che eseguono software scritti nel nostro patrimonio genetico).

A distinguersi sul tema in termini particolarmente *tranchant*, prendendo una posizione tanto esplicita quanto netta ed inequivocabile, è la sociobiologia che, nelle sue espressioni più riduzionisticamente radicali, accetta tale totalizzante determinismo, affermando che ogni aspetto della vita umana, fisica, emotiva ed intellettuale, compresi i nostri valori e la nostra etica, sarebbero unicamente la conseguenza del determinismo fisico e dei meccanismi darwiniani di selezione naturale che hanno portato a sopravvivere, e a perpetuarsi, riproducendosi, gli individui portatori di comportamenti, valori e culture atti a garantire la sopravvivenza della specie: la combinazione tra determinismo biologico e casualità delle mutazioni genetiche, teorizzata da J. Monod ne “Il caso e la necessità” per spiegare l’evoluzione darwiniana, viene così allargato ai comportamenti individuali e sociali.

Conseguentemente, come sostiene R. Dawkins, gli esseri umani sarebbero solo macchine per la sopravvivenza, veicoli automatici ciecamente programmati per preservare quelle molecole egoiste conosciute come “geni”⁷¹. Marvin Minsky ci definisce “macchine di carne” e Christian List “macchine biofisiche”.

Anche Carlo Rovelli afferma: «Il nostro cervello è una macchina, ma è una macchina che opera in modo tale che elementi statistici giocano un ruolo continuo e persistente,

insieme a funzioni deterministiche».

Ciò che noi chiamiamo carattere, morale, istinto sarebbe pertanto solo il risultato della selezione naturale, che ha iscritto nel nostro patrimonio genetico la predisposizione “automatica” a comportamenti che ottimizzano la sopravvivenza della specie. Anche la psicologia sperimentale sembra giungere, per altra via, a conclusioni analoghe. Afferma D. Wegner, «sentiamo di avere causato consciamente tutto ciò che facciamo, ma le nostre azioni ci capitano per caso» (e vedremo come il caso – gli “elementi statistici” di cui parla Rovelli, entri effettivamente in gioco negli sviluppi dell’approccio più decisamente riduzionistico).

Siamo tutti, quindi, robot, hardware che eseguono “automaticamente” software determinati dalla “necessità” deterministica e dal “caso” (sulla cui essenza primaria, e non solo epistemologica, dovremo tornare) delle mutazioni genetiche? Quando pensiamo di star prendendo una qualsiasi decisione – dalla cena di questa sera al lavoro che vorremmo fare, alla compagna/o della nostra vita – in realtà non staremmo decidendo nulla, ma solo attuando quanto “programmato” dalle leggi della natura? È quindi tutto (ma proprio tutto, dal moto delle galassie ad ogni più insignificante ed individuale azione umana) necessitato, e quindi pianificato, dal passato universale, dal “Big Bang”, fino al più lontano futuro? E la stessa etica sarebbe solo l’effetto necessitato della selezione naturale? Se questo è vero, l’amore della madre per il suo bambino non sarebbe quindi un lodevole quanto spontaneo sentimento, ma solo il risultato della selezione darwiniana che ha favorito la sopravvivenza dei piccoli meglio accuditi, incorporando – per ereditarietà – in essi tale predisposizione genetica, effetto delle casuali mutazioni nel DNA delle loro madri,

che hanno indotto – anzi determinato – in loro tali comportamenti.

È questo un pensiero che la (grande, speriamo) maggioranza di noi trova assurdo, o comunque difficilmente accettabile, in contraddizione con la consapevolezza che abbiamo della nostra autonomia di coscienza, *in primis* dalla nostra capacità di distinguere il bene dal male. Siamo (quasi) tutti consapevoli che ogni volta che prendiamo una decisione esercitiamo il nostro – individuale e personalissimo – libero arbitrio, anche se influenzato e condizionato dalla nostra eredità genetica e dal contesto socioculturale in cui viviamo, che possono ridurne quindi i gradi di libertà, ma non annientarli. Come scrive Niccolò Macchiavelli: «Non-dimanco, perché il nostro libero arbitrio non sia spento, giudico potere esser vero, che la fortuna sia arbitra della metà delle azioni nostre, ma che ancora ella ne lasci governare l'altra metà, o poco meno, a noi». Ma per sostenere razionalmente e scientificamente questa consapevolezza abbiamo bisogno di esorcizzare il demone deterministico evocato da Laplace: se c'è solo *rex estensa*, se il mondo è solo materia ed energia soggette alle immutabili leggi fisiche, come giustificare il libero arbitrio?

All'epoca in cui scriveva Laplace erano state scoperte e quantificate le forze gravitazionali, e le sue affermazioni fanno implicito (ma non esclusivo) riferimento al moto dei pianeti, dei quali era stata dimostrata la totale (vedremo poi che non è esattamente così) prevedibilità. Dopo di allora, però, la scienza ha fatto molti passi avanti. Possiamo sperare che tra questi ce ne sia qualcuno in grado di “falsificare” (in senso popperiano, cioè dimostrandone la falsità⁷²) il determinismo così affermato? Possiamo individuare, come vedremo, tre successivi avanzamenti scientifici che ci impongono, volta per volta, di riconsiderare la questione.

9.1. Laplace si sbagliava?

Un primo attacco al determinismo assolutistico di Laplace viene dalla scoperta dei cosiddetti “fenomeni caotici”, riconducibile agli studi di Henri Poincaré sul “problema dei tre corpi”.

Le equazioni di Newton avevano avuto un tale successo nel determinare la rotazione dei pianeti intorno al sole da far ritenere immediata la loro applicazione a sistemi composti da più di due masse. Poincaré dimostrò invece che (al di là dei problemi matematici di soluzione delle equazioni) anche per soli tre corpi, la previsione dei moti dava risultati del tutto instabili, nel senso che anche piccolissime differenze nei valori assegnati alle condizioni di partenza generavano, oltre certi limiti temporali, risultati estremamente differenti.

Per prevedere il futuro (e anche per ricostruire il passato) con l'unica “formula” immaginata da Laplace avremmo pertanto bisogno di conoscere le condizioni attuali di tutti i corpi dell'universo (compresa, aggiungiamo, la loro energia) con precisione assoluta, cioè senza alcuna approssimazione. Il che è (non solo materialmente, ma anche idealmente) impossibile: nessun strumento di misura può valutare una grandezza con tale precisione (il che significherebbe esprimerne il valore con infinite cifre decimali).

È questo il motivo per cui, in altro ambito, la meteorologia, assistiamo al cosiddetto “effetto farfalla”⁷³ (l'eventuale battito d'ali di una farfalla potrebbe determinare il verificarsi o meno di un uragano a molti giorni, e chilometri, di distanza), che rende poco affidabili le previsioni meteorologiche a lungo termine.

Certamente, quindi, la presenza di fenomeni caotici fal-

sifica la teoria di Laplace sulla possibilità di attribuire all'intelletto da lui ipotizzato (a meno di riconoscergli capacità di analisi sovranaturali) la conoscenza totale e perfetta di passato e futuro. Ma non ne falsifica (sempre in senso popperiano) l'assoluta causalità, che continua ad escludere ogni possibilità di libero arbitrio. Ai nostri fini: non siamo in grado di prevedere il futuro (così come non possiamo descrivere quale sarà la situazione metereologica tra un mese), ma continuiamo a non poterlo influenzare a nostro arbitrio; esso è sempre determinato unicamente dalla catena di cause/effetti imposta dalle leggi naturali: una intelligenza "perfetta", in grado cioè di analizzare la realtà con assoluta esattezza, sarebbe ancora in grado di raggiungere la conoscenza totale di passato e futuro.

Un secondo, e ancor più "strutturale", attacco al determinismo assoluto di Laplace è venuto, dopo qualche ulteriore decennio, dalla fisica quantistica, che ha introdotto, a livello di particelle elementari, il ruolo fondamentale, e non puramente statistico, della probabilità. È questo un concetto che, acquisito ormai da un secolo circa, continua a generare perplessità epistemologiche, e – ancor più – filosofiche.

La scienza utilizza normalmente la probabilità in termini statistici (come nei moti browniani⁷⁴), ma l'idea di una probabilità intrinseca alla realtà (e non semplicemente rappresentativa della nostra ignoranza del caso particolare) ha fatto molta fatica ad essere accettata (è ben nota la posizione di Einstein, che considerava la soluzione probabilistica della funzione d'onda delle particelle una risposta provvisoria, ma non esaustiva della realtà: «Dio non gioca a dadi!»): solo la sua straordinaria capacità interpretativa dei fenomeni l'ha fatta acquisire, almeno a tutt'oggi, quasi

universalmente.

Un secolo circa di conferme sperimentali ci fa quindi ritenere (al momento, ed in attesa di eventuali falsificazioni) che la realtà sia, a livello subatomico, essenzialmente (e non solo epistemologicamente) probabilistica, anche se il comportamento aggregato a scala macroscopica si presenta sostanzialmente univoco (per motivi statistici: “legge dei grandi numeri”).

All’incertezza computazionale causata dai fenomeni caotici si aggiunge quindi una più fondamentale incertezza intrinseca, generata dal dualismo onda/particella della fisica quantistica. Tutto ciò, se da un canto conferma l’impossibilità (concettuale ora, e non solo applicativa) di desumere dalla conoscenza delle leggi fisiche tutto il passato e il futuro dell’universo, dall’altro non inficia, ancora una volta, la sostanziale causalità della sua evoluzione, che vede solo l’aggiunta, comunque deterministica, di innumerevoli, successivi, “tiri di dadi” (quelli che non piacevano ad Einstein) sulle mutevoli caratteristiche delle singole particelle elementari.

È dunque impossibile prevedere deterministicamente il futuro ma, come per l’estrazione dei prossimi numeri del lotto, ciò non significa che esso non sia soggetto esclusivamente alla causalità delle leggi naturali, e quindi del tutto sottratto alla nostra libera possibilità di influenzarlo. Come afferma il giornalista scientifico John Horgan: «Per quanto ne sappiamo, la casualità è una componente delle leggi fondamentali. In questo caso, il futuro non è determinato dal passato, ma nemmeno esiste il libero arbitrio, perché niente può influenzare questa casualità».

Alcuni scienziati, tra i quali il premio Nobel Roger Penrose, hanno ipotizzato che l’azione dell’aleatorietà quanti-

stica a livello di sinapsi neuronali potrebbe spiegare l'insorgere della "coscienza di sé" a livello individuale, tema questo molto studiato a livello sia neurologico che informatico.

In quest'ultimo ambito diversi autori – ad esempio Christian List o Ray Kurzweil, che parla di "singolarità tecnologica" – ipotizzano l'insorgere della coscienza come "fenomeno emergente" al di là di non meglio precisate "soglie di complessità" delle reti neurali. Premesso che tutti tali studi sono – al momento – ancora a livello di pure ipotesi di lavoro, è necessario osservare che la "consapevolezza di sé" eventualmente così emergente sarebbe comunque condizione necessaria, ma assolutamente non sufficiente, per la sussistenza del libero arbitrio, inteso come "capacità di scegliere liberamente, nell'operare e nel giudicare", e quindi di esprimere personali "volontà". Non a caso, Cartesio, nel definire le qualità della *res cogitans*, aveva distinto tra consapevolezza (cioè coscienza di sé) e libertà/volontà.

Un terzo (ed ultimo) potenziale attacco al determinismo universale di Laplace viene da un tentativo, sviluppato dalla fisica teorica, di superare la natura "strutturale" della probabilità quantistica: la cosiddetta teoria dei multiversi. In una delle sue versioni, tale teoria ipotizza di sostituire al "lancio di dadi" della probabilità (il gatto di Schroeder vivo o morto, per far riferimento ad un noto esperimento concettuale⁷⁵) una biforcazione della realtà in universi paralleli, tutti ugualmente reali, ma destinati a non incontrarsi mai (e per questo "paralleli"): in uno il gatto è vivo, nell'altro è morto. Ipotesi estremamente affascinante (non a caso è stata spesso ripresa dagli autori di fantascienza), ma di difficilissima (probabilmente impossibile) verifica empirica. In ogni caso, ai nostri fini, anche questa teoria non

supera la causalità laplaciana nel comportamento umano; semplicemente afferma che – di fronte ad una possibile decisione, di qualunque tipo – ci sarà un universo per ogni possibile opzione: di fronte ad un bivio, ognuno di noi lo imboccherà (come in una fantasia di Borges), sdoppiandosi. Ancora una volta: nessun reale libero arbitrio.

Secondo alcuni, in definitiva, le attuali conoscenze scientifiche non ci consentono di accertare, e accettare, la realtà del libero arbitrio nell'ambito di una lettura della realtà limitata al mondo sensibile (materia ed energia), cioè alla sola *res extensa*, a meno di ritenere che il libero arbitrio sia una caratteristica “emergente” al di là di imprecisate soglie di complessità dei nostri cervelli.

Già Leibnitz nel 1714 si era posto il problema della sostanziale trascendenza della *res cogitans* (lui parlava di monadi) rispetto al mondo fisico, con una metafora di estrema efficacia: «Immaginiamo di essere ridotti alle dimensioni di un piccolissimo insetto, e poi di entrare negli ingranaggi del cervello, allo stesso modo nel quale un uomo entrerebbe in un grande mulino meccanico.

Per quanto possiamo esaminare il funzionamento di tutti gli ingranaggi presenti nel grande macchinario, è ovvio che là in mezzo non potremmo incontrare nemmeno l'ombra di un pensiero, di un desiderio, di una sensazione. Questi fenomeni, infatti, appartengono ad un ordine di realtà diverso». Dopo oltre tre secoli, l'obiezione di Leibnitz è ancora valida, confutando le teorie che vedono il libero arbitrio emergere “spontaneamente” nei sistemi informatici al di là di imprecisate “soglie di complessità”.

9.2. Per concludere (?)

Ciascuno di noi, di fronte al quesito: “esiste il libero arbitrio?” deve decidere se optare per la risposta *fisica* esemplificata dalla sociobiologia (per la quale “pensiero, desiderio, sensazione” sono solo effetti della causalità genetica) o prendere in considerazione anche quella *metafisica* che accetta l’esistenza di una *res cogitans* trascendente la realtà materiale ed il suo determinismo meccanicistico.

L’opzione è difficilmente suscettibile di esame “scientifico” in quanto se l’opzione *res cogitans* è, a priori, inaccessibile a tale analisi, anche quella strettamente riduzionistica della sociobiologia appare difficilmente falsificabile, in quanto troppo facilmente assoggettabile a giustificazioni tautologiche: se ho, solo apparentemente, preso questa decisione, qualunque essa sia, è perché è quella imposta, cioè deterministicamente necessitata, dalle leggi di natura, in quanto più adatta a «preservare quelle molecole egoiste conosciute come geni»⁷⁶.

In fin dei conti, la decisione se accettare o no l’esistenza di una *res cogitans* è, allo stato attuale delle conoscenze, ricondotta ad una scelta metafisica (e quindi, secondo Popper, non scientificamente falsificabile), cioè di fede, non supportata, né supportabile, da dimostrazioni scientifiche, ma assolutamente credibile in ambito filosofico e teologico. Dovremmo, pertanto, accettare l’idea che la ricerca della verità vada perseguita con la massima apertura mentale. Afferma Piero Coda, filosofo e teologo: «Nessuna delle prospettive per l’interpretazione della realtà è da considerarsi assoluta, sia essa teologica, filosofica o scientifica. Piuttosto hanno bisogno di interagire, rispettando le modalità e il livello specifici di ciascuno, e ascoltando attenta-

mente e senza preconcetti i ragionamenti coinvolti in ogni approccio». O anche, per dirla con le parole dell'immortale Shakespeare: «Ci sono più cose in cielo e in terra, Orazio, di quante ne sogni la tua filosofia».

Se si opta, come ha scelto (?) di fare chi scrive, per l'esistenza di una *res cogitans* trascendente la realtà sensibile, si apre la porta ai concetti di anima e, quasi conseguentemente, ma non necessariamente, di religione, consapevoli che si tratta comunque di una "verità" scelta, non scientificamente dimostrata, e quindi soggettiva, in una rinnovata versione della celeberrima scommessa di Pascal⁷⁷. Tra i non molti scienziati che hanno in qualche modo accettato la possibilità di una *res cogitans* trascendente, è interessante ricordare la posizione di Alan Turing in un suo scritto giovanile: «Noi possediamo una volontà capace di determinare, probabilmente in una piccola porzione del cervello, possibilmente su tutto il cervello, l'azione degli atomi. Il resto del corpo agisce in modo da amplificare questa volontà», e quella più recente, addirittura "panpsichistica", di Federico Faggin, padre del *microchip*: «I desideri umani...possono influenzare direttamente la realtà descrivibile dalla fisica classica, andando oltre il suo determinismo».

Più problematica, e proprio per questo ampiamente condivisibile, è la conclusione cui è giunto Max Plank dopo oltre un decennio di riflessioni sulla questione: «Il problema è come si può mettere in accordo la coscienza viva della nostra libertà, che ci conferisce piena responsabilità delle nostre azioni, con la nostra convinzione sulla necessità causale di tutti gli avvenimenti, che sembra negare ogni nostra responsabilità... A mio parere, un problema di tal natura non è suscettibile di una soluzione definitiva, e pertanto continuerà a riproporsi, finché sulla terra si avranno

uomini volenti e pensanti».

Tra le motivazioni dialettiche che possono essere portate a supporto (ma non a dimostrazione) della sussistenza del libero arbitrio, al di là dell'intima istintiva convinzione, condivisa da molti di noi, di essere portatori di libero arbitrio, c'è la considerazione che le motivazioni deterministiche della sociobiologia difficilmente possono giustificare comportamenti non utilitaristici (ai fini della sopravvivenza darwiniana dei geni), eppure ampiamente condivisi, come – ad esempio – emozionarsi davanti a un tramonto o commuoversi per una musica o una poesia.

In questa logica ci piace tentare una personale interpretazione del celeberrimo epitaffio che Emmanuel Kant volle fosse riportato sulla sua lapide: «Due cose hanno soddisfatto la mia mente con nuova e crescente ammirazione e soggezione e hanno occupato persistentemente il mio pensiero: il cielo stellato sopra di me e la legge morale dentro di me». Se infatti l'ammirazione per il cielo stellato è molto difficilmente riconducibile al determinismo utilitaristico della sociobiologia (aumenta la possibilità di sopravvivenza dei mie discendenti?), il riconoscimento di un'innata legge morale – imperativo categorico – può (deve?) essere interpretato come il portato di un'anima immateriale, di una *res cogitans*; quella che, laicamente, può essere definita “voce della coscienza”, e che agli occhi dei cristiani, è illuminata dall'imperativo morale suggeritoci (non impostoci, altrimenti non ci sarebbe libero arbitrio) dallo Spirito Santo.

Questa è, ancora una volta, una pura scelta di fede, metafisica e non (solo) fisica, e pertanto irriducibilmente soggettiva, ma che è destinata – per la prima volta nella storia del pensiero umano – ad avere effetti sostanziali nella nostra visione dell'IA. Se hanno ragione i materialisti

non c'è motivo di escludere di avere macchine in grado di sostituirsi a tutti i livelli agli esseri umani, con pari caratteristiche di deterministica casualità; il rischio di una AI che, come HAL 9000 di 2001 Odissea nello spazio, sviluppi una autonoma volontà imprevedibile e ingestibile sarebbe così – almeno a livello teorico – confutata, salvo tragici errori di programmazione come quelli ipotizzati da Nick Bostrom⁷⁸, a meno di non concordare con chi sostiene che il libero arbitrio nelle AI sarebbe una capacità emergente al di là di non meglio precisati livelli di complessità (posizione rispetto alla quale la confutazione di Leibnitz appare ancora estremamente convincente).

Se, invece, il libero arbitrio esiste, questo non può che essere una caratteristica esclusivamente umana, che ci rende “strutturalmente” differenti da qualsiasi intelligenza artificiale.

Note bibliografiche

¹ Per l'analisi in chiave socio-economica delle pesanti ricadute di questa "rivoluzione" sui modelli organizzativi del lavoro, P. DI NICOLA, *Telelavoro e smart working: strumenti innovativi per il benessere organizzativo*, in (AA.VV.), *L'impresa sostenibile. Alla prova del dialogo dei saperi*, D. Caterino - I. Ingravallo (a cura di), Lecce, 2020, 163 ss. Sui risvolti giuslavoristici, *ivi*, D. GAROFALO, *Impresa sostenibile e lavoro: origini e prospettive*, 133 ss.; R. VOZA, *L'insostenibile leggerezza del lavoro nell'economia digitale*, 145 ss. Ed ancora, C. SPINELLI, *Nuovi modelli di organizzazione del lavoro nell'economia digitale: lo smart working, tra delimitazione concettuale e criticità*, in (AA. VV.), *L'impresa sostenibile. Alla prova del dialogo dei saperi*, D. Caterino - I. Ingravallo (a cura di), *Research Papers "Dialoghi europei"*, EuriConv, Lecce, 2020, reperibile su: [https://www.academia.edu/46937652/_ITALY_Nuovi_modelli_di_organizzazione_del_lavoro_nell_economia_digitale_lo_smart_working_Carla_Spinelli_]

² C.B. FREY - M.A. OSBORNE, *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?*, Oxford, 2013.

³ CITY GROUP, *TECHNOLOGY AT WORK v2.0*, 2016, in: [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/CityGPS_Technology_Work_2.pdf]; D. ACEMOGLU - P. RESTREPO, *Robots and jobs: evidence from US labor markets*, Usa National Bureau of Economic Research, 2017, in: [<http://www.nber.org/papers/w23285.pdf>]; FORRESTER RESEARCH, *Forrester Predicts Automation Will Displace 24.7 million Jobs and Add 14.9 million*

Jobs By 2027, 2017, in: [go.forrester.com/press-newsroom/forrester-predicts-automation-will-displace-24-7-million-jobs-and-add-14-9-million-jobs-by-2027/]

⁴ J.M. KEYNES, *Economic possibilities for our grandchildren*, in *Essays for persuasion, Collected Writings*, IX, Londra, 1931J – *Possibilità economiche per i nostri nipoti*, M. Parodi (trad. it. di), Milano, 2009.

⁵ Cfr., sul tema, F. DENOZZA, *Rendere lo sviluppo sostenibile e democratico*, in (AA.VV.), *L'impresa sostenibile. Alla prova del dialogo dei saperi*, cit., 27 ss., secondo il quale il processo in atto di democratizzazione dell'economia, vale a dire «di aumento del controllo popolare sulle scelte economiche e sulle loro implicazioni [...] si scontra però con una enorme difficoltà e cioè con l'improponibilità di un modello di governo democratico dell'economia affidato esclusivamente ad un intervento della politica, attuato per il tramite dello Stato e dei suoi apparati», che «non sembra più in grado di indirizzare le scelte economiche delle imprese, né di correggerne in modo significativo gli effetti».

⁶ R. BREGMAN, *Utopia for realists*, Amsterdam, 2016.

⁷ ID.

⁸ G. CLARK, *A Farewell to Alms. A Brief Economic History of the World*, Princeton, 2007.

⁹ D. KAHNEMAN, *Pensieri lenti e veloci*, Milano, 2012.

¹⁰ J.M. KEYNES, *General Theory of Employment, Interest and Money*, London, 1936.

¹¹ S. ACQUAVIVA, *Le radici del futuro. L'Europa dei popoli, il rifiuto degli Stati nazionali e dei partiti*, Roma, 2014.

¹² Gli indici di povertà assoluta fanno riferimento a valori minimi di reddito individuale (ad esempio: 2 dollari

giorno) al di sotto dei quali la stessa sopravvivenza materiale è fortemente in pericolo; gli indici di povertà relativa dipendono invece da soglie che corrispondono ad una quota (ad esempio: 50%) del reddito pro capite medio del Paese in esame.

¹³ N. DA NECKIR, *Contro la meritocrazia*, Molfetta, 2011.

¹⁴ ARISTOTELE, *Politica*, Bari, R. Laurenti (a cura di), 1993, XV rist., 2021.

¹⁵ Pubblicato due anni dopo con il titolo “Possibilità economiche per i nostri nipoti”: J.M. KEYNES, *Possibilità economiche per i nostri nipoti*, cit.

¹⁶ ID.

¹⁷ ID.

¹⁸ B. RUSSELL, *Elogio dell’ozio* (1935), E. Marpicati (trad. it. di), Milano, 2004.

¹⁹ J.M. KEYNES, *Possibilità economiche per i nostri nipoti*, cit.

²⁰ ID.

²¹ R. SKIDELSKY - E. SKIDELSKY, *How Much is Enough?* New York, 2012.

²² E. FELICE, *Storia economica della felicità*, Bologna, 2017.

²³ G. MOORE, *Cramming more components onto integrated circuits*, in *Electronics*, 1965, n. 8.

²⁴ R. SOLOW, *We’d better watch out*, in *New York Times Book Review*, 12 luglio 1987, reperibile su: [<http://www.standardeconomist.com/pdf/misc/solow-computer-productivity.pdf>]

²⁵ La legge di Moore è una constatazione empirica e non una legge fisica; molti studiosi ritengono che il processo di progressiva miniaturizzazione che l’ha finora supportata stia raggiungendo i suoi oggettivi limiti fisici; d’altro canto, la ricerca sta esplorando altre frontiere (come i com-

puter quantistici o i *chip* tridimensionali), che potrebbero prorogare ulteriormente l'ambito di validità di tale "legge", se non – addirittura – accelerarla ulteriormente.

²⁶ C.B. FREY - M.A. OSBORNE, *The future of employment*, cit.

²⁷ K. TOMLINSON ET AL., *Working with AI: measuring the occupational implications of Generative AI*, Microsoft Research, 2025.

²⁸ CITY GROUP, *Technology at work v2.0*, cit.

²⁹ D. ACEMOGLU - P. RESTREPO, *Robots and jobs: evidence from US labor markets*, cit.

³⁰ J. A. SCHUMPETER, *Capitalism, Socialism and Democracy*, Londra, 1994.

³¹ FORRESTER RESEARCH, *Forrester Predicts*, cit.

³² CITY GROUP, *Technology at work v2.0*, cit.

³³ *The Economist*, 3 novembre 2018.

³⁴ A. DE TONI - E. RULLANI, *Uomini4.0: Creare valore esplorando la complessità*, Milano, 2018.

³⁵ Il costo ambientale nascosto delle criptovalute, United Nations University 2023.

³⁶ OECD, *Global Material Resource Outlook to 2060*, 2019: [<https://www.oecd.org/publications/global-material-resources-outlook-to-2060-9789264307452-en.htm>]

³⁷ D.H. MEADOWS - D.L. MEADOWS - J. RANDERS - W.W. BEHRENS III, *The Limits to Growth*, Washington, D.C., USA, 1972 – *I limiti dello sviluppo. Rapporto del System Dynamics Group*, MIT, per il progetto del Club di Roma sui dilemmi dell'umanità, F. Macaluso (trad. it. di), Milano, 1972.

³⁸ ID. *Limits to Growth, the 30-year update*, 2004 (rist. 2006), Milano – *I nuovi limiti dello sviluppo*, M. Riccucci (trad. it. di), Milano, 2022.

³⁹ Il “Rapporto Brundtland” (noto anche come *Our Common Future*) è stato diffuso nel 1987 dalla Commissione mondiale sull’ambiente e lo sviluppo (WCED), e prende il nome dalla coordinatrice Gro Harlem Brundtland, Ministra di Stato della Norvegia, all’epoca presidente del WCED. In esso è presente la seguente definizione di “sviluppo sostenibile”: «lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri».

⁴⁰ M. WACKERNAGEL - W.E. REES - W. TESTEMALE, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island (Canada), 1996 – *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*, P. Lombardi (trad. it. di), Milano, 2008.

⁴¹ GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, *The ecological footprint atlas*, 2008, in: [<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/IDataSpecRemark1273589791615>].

⁴² Il “paradosso di Easterlin”, o paradosso della felicità, fu proposto nel 1974 da Richard Easterlin, professore di economia all’Università della California meridionale, che studiò la correlazione tra reddito e indicatori di soddisfazione soggettiva, quali il *World Happiness Index*.

⁴³ B. COSTANTINO, *Costa Rica. Il paese più felice del mondo*, Bari, 2010.

⁴⁴ Il discorso si riferisce agli occupati a tempo pieno delle imprese industriali. Diversa, naturalmente, è la situazione degli occupati a tempo parziale e/o stagionali.

⁴⁵ M. CRAVIOLATTI, *E la borsa e la vita. Distribuire e ridurre il tempo di lavoro: orizzonte di giustizia e benessere*, Roma, 2014.

⁴⁶ Dati OCSE citati in M. Craviolatti, *E la borsa e la vita*, cit.

⁴⁷ Lo studio della McKinsey è reperibile su: [<https://>

www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech]

⁴⁸ A. FERRARA, *Le macchine del linguaggio*, Torino 2025.

⁴⁹ Cfr.: [[https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/intelligenza-artificiale_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica))]

⁵⁰ *Amplius*, oltre, paragrafi 9., 9.1., 9.2.

⁵¹ “Rapporto McKinsey” reperibile su: [<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/superagency-in-the-workplace-empowering-people-to-unlock-ais-full-potential-at-work>]

⁵² *The state of AI: how organizations are rewiring to capture value*, marzo 2025. *Superagency in the workplace: empowering people to unlock AI's full potential*, gennaio 2025.

⁵³ J. VON NEUMANN, *Can we survive technology?* Chicago, 1955.

⁵⁴ Fonte: *Google Public Data Explorer*.

⁵⁵ T. PIKETTY, *Capital in the Twenty-First Century*, Harvard, 2014.

⁵⁶ M. McLUHAN, *Gli strumenti del comunicare*, Milano, 1967.

⁵⁷ D. DE MASI, *Lavorare gratis, lavorare tutti. Perché il futuro è dei disoccupati*, Milano, 2017.

⁵⁸ J.E. STIGLITZ, *Rewriting the rules of the American Economy. An Agenda for Growth and Shared Prosperity*, New York, 2015 – *Le nuove regole dell'economia. Sconfiggere la disuguaglianza per tornare a crescere*, A. Olivieri (trad. it. di), Milano, 2016.

⁵⁹ R.D. ATKINSON - J. WU, *False Alarmism: Technological Disruption and the U.S. Labor Market, 1850-2015*, in *Information Technology & Innovation Foundation ITIF*, maggio 2017, in: [itif.org/publications/2017/05/08/false-alarmism-technologi-

cal-disruption-and-us-labor-market-1850-2015]

⁶⁰ E. BRYNJOLFSSON - A. MCAFEE, *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Lexington, 2011.

⁶¹ R.B. REICH, *AFTERSHOCK*, Roma, 2011.

⁶² M. FRIEDMAN - R. FRIEDMAN, *Free to choose: a personal statement*, 1980 – *Liberi di scegliere*, S. Barile (trad. it. di), Torino, 2016.

⁶³ K. BASU, *Oltre la mano invisibile: Ripensare l'economia per una società giusta*, Bari, 2011.

⁶⁴ J.E. STIGLITZ, *Le nuove regole dell'economia*, cit.

⁶⁵ T. COWEN, *Average Is Over*, New York, 2013, 229 ss.

⁶⁶ ARISTOTELE, *Politica*, cit.

⁶⁷ *New Economics Foundation*, 21 hours. *The case for a shorter working week*, 2010, in: [<https://neweconomics.org/2010/02/21-hours>]

⁶⁸ N. COSTANTINO, *Abbondanza, per tutti*, Roma, 2014.

⁶⁹ M. SULEYMAN, *L'onda che verrà*, Milano, 2024.

⁷⁰ Dizionario Filosofico Treccani.

⁷¹ In tal senso, R. DAWKINS, *The Selfish Gene*, Oxford University Press, 2016 – *Il gene egoista. La parte immortale di ogni essere umano*, G. Corte - A. Serra (trad. it. di), ult. ed., Bologna, 2022.

⁷² Per Karl Popper è la falsificabilità (cioè la possibilità di dimostrarne la falsità) il criterio di demarcazione tra scienza e non scienza: una teoria è scientifica se, e solo se, essa è falsificabile, può essere cioè sottoposta a verifica sperimentale (che non è mai, di per sé, garanzia di “verità”, in quanto un solo esperimento “falsificante” è sufficiente a

metterla in discussione).

⁷³ E. LORENTZ, *Deterministic Nonperiodic Flow*, 1962.

⁷⁴ Per studiare temperatura e pressione di un gas, composto da un numero enorme di molecole, studiamo l'andamento statistico del loro moto, nell'impossibilità pratica di considerare singolarmente le singole molecole.

⁷⁵ Nel 1935 Erwin Schrödinger ideò un esperimento mentale per dimostrare come la meccanica quantistica, sempre verificata a livello microscopico, conduca a risultati paradossali se applicata a scala macroscopica: se il collasso della funzione d'onda di una particella subatomica (cioè la sua evoluzione da entità probabilistica a certezza deterministica) dovesse determinare la vita o la morte di un gatto racchiuso in una scatola, prima del collasso – quando la particella si trova in condizione di sovrapposizione probabilistica dei suoi possibili stati – anche il gatto si troverebbe ad essere in uno stato di sovrapposizione probabilistica di vita e morte, il che è ovviamente paradossale. La meccanica quantistica funziona, ma rimane fundamentalmente incomprensibile per i suoi paradossi.

⁷⁶ R. DAWKINS, *The Selfish Gene*, Oxford University Press, *cit.*

⁷⁷ Per Pascal, non potendo dimostrare l'esistenza di Dio, possiamo provare a scommettere. Se puntiamo sull'esistenza di Dio e questi non esiste, avremo vissuto seguendo i principi della fede per niente; ma, se esiste, ci saremo guadagnati il Paradiso. Se puntiamo invece sulla non esistenza di Dio e questi non esiste, ci saremo goduti una vita dissoluta senza alcuna conseguenza; ma se avremo avuto torto, ci saremo persi il Paradiso. Pascal argomenta che l'enorme differenza di valore delle poste in gioco renderebbe comunque “conveniente” puntare sull'esistenza di Dio e

comportarsi di conseguenza.

⁷⁸ N. BOSTROM, *Superintelligenza*, Torino, 2014. Bostrom fa l'esempio di una AI cui fosse delegata la gestione dei sistemi produttivi industriali; se le fosse dato l'ordine di massimizzare la produzione di graffette distruggerebbe il pianeta per raggiungere tale (assurdo) risultato!

Nicola Costantino

Professore Ordinario di Ingegneria Economico Gestionale ed ex Rettore del Politecnico di Bari, ha dedicato la sua carriera alla ricerca e all'insegnamento, collaborando con università e centri di eccellenza in Stati Uniti, Regno Unito, Spagna, Danimarca e Cina.

Autore di numerose pubblicazioni scientifiche di rilievo nazionale e internazionale, i suoi studi si concentrano su *Supply Chain Management* e *Construction Management*.

Ha ricoperto e ricopre incarichi di alta responsabilità in enti e imprese pubbliche e private. Sullo stesso tema ha pubblicato, per i tipi di EuriCony, "La quarta rivoluzione industriale è sostenibile?", offrendo un contributo originale e significativo al dibattito contemporaneo.



Tecnologia, occupazione e sostenibilità
La tempesta perfetta?
Nicola Costantino

978-88-98717-12-5 (EBOOK)

IN EUROPE / 2025 BY EURI CONV

Nicola Costantino

Tecnologia, occupazione e sostenibilità

La tempesta perfetta?

Le rivoluzioni industriali che si sono succedute dalla fine del XVIII secolo hanno sempre comportato notevoli aumenti della produttività del lavoro, con conseguenti impatti sull'occupazione. All'inizio del XX secolo John Maynard Keynes rilevava: «Scopriamo sempre nuovi sistemi per risparmiare forza lavoro, e li scopriamo troppo in fretta per riuscire a ricollocare quella forza lavoro altrove», spingendosi a teorizzare che, entro un secolo, gli orari di lavoro nei settori interessati agli sviluppi tecnologici avrebbero potuto ridursi ad appena 15 ore settimanali. Se questa previsione non si è avverata è solo perché l'aumento di produttività (che pure si è registrato) non si è riversato (solo) sulla riduzione degli orari di lavoro, ma anche (soprattutto) in notevolissimi aumenti delle quantità prodotte. Ciò è avvenuto in tutti i settori produttivi, non solo industriali, limitando – se non compensando – i negativi risvolti occupazionali.

Oggi però dobbiamo fare i conti con i limiti di sostenibilità ambientale che ostacolano l'ulteriore protrarsi di tali *trend* di crescita, che comportano comunque maggiori utilizzi di risorse naturali e di energia, limitati – ma non pareggiati – dalla progressiva “dematerializzazione” di molte produzioni.

Il problema assume particolare rilevanza, ed inedita urgenza, alla luce dei più recenti sviluppi delle tecnologie informatiche, che vedono nell'Intelligenza Artificiale una nuova, e sotto alcuni aspetti inedita, rivoluzione tecnologica che ci costringerà ad affrontare problemi di carattere non solo economico, ma anche sociale ed etico, a livelli di globalizzazione finora inesplorati.

worldwide distribution

ITALIAN EDITION

Ebook

www.euriconv.eu



PVP 10€

ISBN 978-88-98717-12-5