

## LA NATURA DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA

Angelo Bonomi

Il Cobianchi, Verbania 2024, pp. 7-13

Ho già trattato le relazioni tra scienza e tecnologia in un mio articolo pubblicato su “Il Cobianchi” nel 2015, nel quale ho descritto il loro complesso rapporto non sempre compreso. In questo articolo del 2015 ho discusso soprattutto il loro rapporto da un punto di vista dell’innovazione tecnologica, e di come la cultura tecnologica sia considerata una cultura minore, inferiore alla cultura scientifica, e ancor più alla cultura umanistica. I miei studi successivi sulla tecnologia e la sua innovazione hanno aggiunto importanti aspetti riguardo la relazione tra scienza e tecnologia, con un primo libro sulla dinamica tecnologica, che ho descritto su “Il Cobianchi” nel 2020, e soprattutto nel secondo sull’innovazione, che ho descritto su “Il Cobianchi” nel 2023. In questo articolo voglio presentare argomenti che riguardano la natura della scienza e della tecnologia, e criticare la comune diffusa visione che la tecnologia sia un’applicazione della scienza, mentre esse, per la loro natura, rappresentano invece due facce della stessa medaglia. Nel mio primo libro la tecnologia è stata descritta come un insieme di operazioni tecnologiche, che avvengono in una sequenza temporale precisa, descrivibile con una struttura grafica, mentre l’innovazione tecnologica è vista come un cambiamento di questa struttura. Questo cambiamento avviene in strutture che organizzano in vario modo flussi di conoscenze e capitali per formare innovazioni tecnologiche. Queste strutture sono rappresentate dal sistema dei progetti di R&S finanziato dal capitale industriale, da startup finanziate dal venture capital e dalle piattaforme industriali. Un’ulteriore riflessione sulla natura delle operazioni tecnologiche, discussa nel mio secondo libro, ha riguardato il fatto che esse sono costituite da processi fisici, e che in realtà la stessa tecnologia possa essere definita come un insieme di processi fisici che generano un effetto sfruttabile per scopi umani. Si tratta quindi di un approccio alla tecnologia che si può definire scientifico poiché esamina la tecnologia come la scienza esamina un fenomeno naturale per trovare una spiegazione. Un approccio che non dipende dagli scopi della tecnologia, ne studia gli effetti che ha nel sistema economico o sociale, ma che non ne esclude però una sua influenza. Questo approccio, generale e indipendente, può essere considerato la base di una teoria scientifica della tecnologia. Tuttavia, mentre la scienza si interessa a come funzionano i processi fisici attraverso la ricerca scientifica, lo studio scientifico della tecnologia si interessa invece a come questi processi fisici sono organizzati in una tecnologia, e come il cambiamento di questa organizzazione formi un’innovazione tecnologica. Si tratta quindi di un approccio originale allo studio della tecnologia, che non era mai stato considerato finora, e che dimostra l’esistenza di una natura comune per la scienza e la tecnologia basata sui processi fisici.

Le origini della scienza e della tecnologia sono molto differenti nei tempi. La tecnologia è nata con l’homo erectus, che ha preceduto l’homo sapiens, circa un milione di anni fa, con la lavorazione della pietra per fare utensili e, circa mezzo milione di anni fa, si è aggiunto l’uso del fuoco. Con l’apparizione dell’homo sapiens, circa duecentomila anni fa, vi erano già disponibili molte tecnologie con le quali si sviluppò poi la fabbricazione di ceramica e metalli. L’uso della tecnologia esiste anche negli animali, tuttavia solo nella specie homo si è sviluppata l’innovazione tecnologica e, sotto certi punti di vista, vi è stata una coevoluzione tra biologia e tecnologia per assicurare la sopravvivenza umana. Infatti, se noi eliminassimo tutta la tecnologia usata dall’uomo moderno, a differenza dagli animali, egli rimarrebbe senza mezzi per la sua sopravvivenza. L’origine della scienza è relativamente molto più recente della tecnologia. L’inizio del pensiero scientifico, si può far risalire al VI e VII secolo AC, con i filosofi greci detti presocratici, che elaborarono molte idee poi utilizzate nella scienza come ad esempio l’atomismo. La scienza moderna è invece nata molto più recentemente, nel XVI e XVII secolo, in particolare con Galileo e Newton, con l’uso di esperimenti, misure, e della matematica per la loro interpretazione, e che con queste conoscenze, ha

poi contribuito largamente allo sviluppo della tecnologia. Vi è a questo punto da osservare l'esistenza di una conoscenza comune tra scienza e tecnologia, poco considerata, ma esistente fin dall'origine della tecnologia, e che è chiamata *knowhow*, o saper fare. Questa conoscenza risale ai tempi ancestrali, in cui non esisteva la scrittura, e probabilmente solo un linguaggio primitivo, e che si sviluppava direttamente nel cervello attraverso l'uso della tecnologia, e che veniva trasmessa attraverso l'imitazione e l'esperienza diretta. Anche l'uso attuale della tecnologia necessita un *knowhow*, e spiega perché il trasferimento tecnologico non può avvenire semplicemente con manuali e spiegazioni orali, ma occorre anche imitazione ed esperienza diretta, pensiamo ad esempio alla formazione di un chirurgo che evidentemente non può affrontare un'operazione solo dopo aver studiato un manuale di chirurgia. La necessità di questo *knowhow* esiste anche nella scienza moderna, ed è legato alla realizzazione e interpretazione degli esperimenti necessari per confermare le conoscenze scientifiche. In conclusione, in assenza di una conoscenza come il *knowhow*, non esisterebbe né la scienza moderna né la tecnologia.

La natura della tecnologia e della scienza è stata oggetto di riflessioni sia di filosofi che di scienziati. Le prime idee sulla natura della tecnologia risalgono al mito di Prometeo, come descritto da Platone nel Protagora, che ruba la tecnica e il fuoco agli dei per dare all'uomo mezzi di sopravvivenza, poiché il suo gemello Epimeteo aveva distribuito tutti i mezzi agli animali. Questo mito spiega chiaramente la natura della tecnologia come mezzo di sopravvivenza. Gli antichi greci avevano visto nella tecnologia anche la sua neutralità, e usavano il nome greco di *pharmakos*, per indicare un prodotto farmaceutico che poteva salvare la vita ma anche provocare la morte. La tecnologia non è mai stata un argomento importante per i filosofi, e la maggior parte si è interessata soprattutto alla sua relazione con la società piuttosto che alla sua natura e materialità. Si può considerare come contributo maggiore alla natura della tecnologia le idee del filosofo tedesco Martin Heidegger che le espresse in un suo famoso saggio "La Questione della Tecnica" pubblicato nel 1953. Contrariamente all'opinione diffusa di una tecnologia come applicazione della scienza, Heidegger osservava che la tecnologia fa uso di conoscenze scientifiche, ma queste conoscenze dipendono dalla tecnologia con l'uso e la costruzione di strumenti che permettono queste conoscenze, e quindi la scienza non esisterebbe senza la tecnologia, e che la tecnologia, e non la scienza, è fondamentale nella relazione fra l'uomo e la natura. Interessanti sono state anche le idee di due suoi allievi, Hans Georg Gadamer e Hans Jonas, il primo discusse i vari pericoli delle tecnologie moderne di comunicazione che influenzano gli individui generando dipendenza, apatia e impotenza verso gli affari pubblici, il secondo per aver enunciato il principio di precauzione verso le tecnologie usato per le politiche ambientali. Un altro aspetto importante della relazione tra tecnologia e scienza è stato rimarcato dal filosofo tedesco Jürgen Habermas che, nel suo libro "Tecnica e Scienza" del 1968, considera che il contenuto informativo della scienza non può essere direttamente rilevante nella percezione che può avere la società, e che invece avviene tramite la sua valorizzazione tecnica, rendendo quindi la tecnologia il tramite tra scienza e società. Infine bisogna considerare che anche alcuni scienziati si sono occupati della natura della tecnologia, e in particolare le conseguenze della disponibilità di enormi quantità di energia di origine atomica per possibili scopi distruttivi. Possiamo quindi citare Albert Einstein per il suo pacifismo, Robert Oppenheimer, già direttore scientifico del progetto Manhattan per la costruzione della bomba atomica, dimesso dalla Atomic Energy Commission nel 1954 per la sua opposizione all'uso della bomba come arma. Vi è poi anche Werner Heisenberg, premio Nobel per il suo contributo alla fisica quantistica che, nel suo libro "Natura e Fisica Moderna" pubblicato nel 1954, descrisse i pericoli della rapida evoluzione della scienza e tecnologia, che ha cambiato il modo di pensare, senza lasciare il tempo all'umanità di adattarsi a questa nuova situazione. Infine possiamo citare anche l'opinione di John Von Neumann, uno scienziato che ha lavorato per la bomba atomica ma anche sullo sviluppo dei computer, e che considerava disastrosa la situazione di un'umanità che non poteva tener il passo con le sue invenzioni.

Riguardo la natura della scienza moderna, essa ha suscitato molto più interesse di quella della tecnologia, in particolare da parte dei filosofi, e questo fin dalla sua nascita nel XVI secolo. La prima discussione nacque già con Galileo che, nella sua disputa con la Chiesa, questa chiedeva allo scienziato di considerare la descrizione del suo sistema solare come semplicemente un metodo matematico più comodo per verificare le osservazioni, senza però inficiare la visione geocentrica della Chiesa. In altre parole considerando la scienza di Galileo semplicemente strumentale, cosa a cui lui si opponeva considerando invece che la sua visione matematica era la dimostrazione della realtà di un sistema eliocentrico. Questa questione strumentale venne ripresa più avanti dal filosofo inglese Georges Berkeley che, attraverso uno sguardo critico alle concezioni di Newton si convinse che questa teoria non potesse essere null'altro che un'ipotesi matematica, cioè una visione strumentale per il calcolo e la predizione di fenomeni, ma che non corrispondesse ad alcunché di reale. In opposizione allo strumentalismo si contrapponeva l'essenzialismo in cui gli scienziati tendevano trovare una teoria vera, che descrive la realtà, e che costituisce anche una spiegazione dei fatti osservabili. Questi aspetti sulla natura della scienza moderna suscitavano molte dispute filosofiche interessando molti filosofi, tuttavia gli scienziati, salvo qualche eccezione, si mantennero al di sopra queste dispute, alla ricerca della verità come Galileo l'aveva intesa. Molto tempo dopo, con l'avvento della fisica quantistica per lo studio degli atomi e le particelle subatomiche, lo strumentalismo divenne di nuovo riconsiderato per la difficoltà di interpretare gli osservabili con la comune visione della realtà, pur avendo a disposizione un calcolo matematico in grado di prevedere con precisione i risultati delle misure anche se in termini probabilistici. Questo argomento verrà trattato più avanti discutendo della realtà in cui operano la scienza e la tecnologia. Ritornando ai filosofi e storici, che hanno avuto idee molto vicine a quelle della maggior parte degli scienziati, possiamo citare il filosofo austriaco Karl Popper che cercò di spiegare la natura della scienza, in particolare nel suo libro "La Logica della Scoperta Scientifica" pubblicato nel 1934, in cui viene trattata la struttura logica della scienza e il metodo scientifico. Possiamo poi citare il fisico, storico e filosofo statunitense Thomas Kuhn che ha descritto il processo di adattamento della scienza a nuovi risultati sperimentali con l'elaborazione di nuove teorie, riportato nella sua opera "La Struttura delle Rivoluzioni Scientifiche" pubblicata nel 1962.

Alla ricerca di radici comuni per la scienza e la tecnologia, possiamo partire dalla teoria delle idee di Platone, nonostante che essa sia comunemente considerata lontana dal pensiero scientifico e tecnologico. In realtà si può dimostrare che la sua teoria delle idee ha dato indirettamente un contributo importante alla scienza e alla tecnologia. La sua teoria considera che le idee esistano indipendentemente dalle cose materiali e umane, essendo la vera realtà universale. Platone espresse questa idea nel suo famoso mito della caverna, nel quale gli umani possono osservare, attraverso la loro esperienza, solo le ombre della realtà universale, proiettata dal mondo delle idee alle loro spalle. La teoria delle idee di Platone porta a considerare l'esistenza di due possibili visioni, una che descrive il mondo sensibile delle cose, e l'altra la loro ideale rappresentazione, due visioni che sono in realtà alla base degli studi della scienza e della tecnologia. Gli studi scientifici usano queste due visioni per studiare la natura, e gli studi sulla tecnologia per modellare il funzionamento della sua attività attraverso ad esempio lo studio fisico dei suoi processi. Un grande esempio è il modello del gas ideale, di fondamentale importanza per lo studio della termodinamica, e i modelli di tecnologia e della sua innovazione che, pur essendo una rozza rappresentazione della realtà, sono utili per comprendere strutture e processi di queste attività. Ciò rappresenta un importante contributo del pensiero greco alla cultura occidentale, non esistente nelle culture orientali che, per esempio, non svilupparono una geometria euclidea che permette l'uso di figure ideali per applicazioni pratiche. La teoria delle idee di Platone è stata utile anche per una tecnologia come l'intelligenza artificiale, attraverso il confronto tra il mondo platonico delle idee e quello dell'esperienza della realtà, che è stato un importante argomento per il suo sviluppo. Il problema da risolvere era come riconoscere ad esempio con una macchina con intelligenza artificiale l'idea di cane, attraverso la realtà delle sue varie forme, che l'intelligenza umana classifica facilmente con l'idea di cane. I computer normali,

basati sulla macchina deterministica di Turing, falliscono poiché non è possibile costruire una base dati che contenga deterministicamente tutte le forme di cane. Si è quindi dovuto usare il sistema del cervello umano, simulato con una rete di neuroni artificiali, in grado di apprendere l'idea di cane attraverso un apprendimento della macchina, detto *deep learning*, di varie sue forme. Un sistema che non è più basato sulla macchina di Turing, ma su una macchina che opera per approssimazioni universali.

Per quanto riguarda la natura della realtà, possiamo osservare che, quando la scienza è stata in grado di studiare il mondo microscopico degli atomi e delle particelle subatomiche, inaccessibile ai nostri sensi, è stato necessario sviluppare una fisica, detta quantistica, per spiegare i fenomeni osservati, una fisica, non solo fondamentalmente differente da quella classica di Galileo e Newton, ma anche in contrasto con la nostra esperienza comune e la logica che conosciamo da Aristotele. Nello stesso tempo, studiando il mondo delle galassie, con distanze completamente fuori dalla nostra percezione, si è dovuta utilizzare la teoria generale della relatività di Einstein che distrugge i nostri comuni concetti assoluti di spazio e tempo. Si potrebbe concludere che la nostra razionalità, legata alla nostra comune esperienza, sia in fondo una proprietà risultante dalla nostra evoluzione biologica, per assicurare la nostra sopravvivenza nel mondo macroscopico in cui viviamo, ma non necessariamente corrispondente alla natura della realtà che non ci è comunemente accessibile. Questo è in accordo con il pensiero di Niels Bohr, uno dei fondatori della fisica quantistica, che pensava che la fisica non descrive come è la natura ma quello che la natura ci può dire. Questo problema è legato al fatto che noi non possiamo studiare un'entità fisica per quello che è, ma solo le relazioni che ha con noi. Lo stesso problema si presenta quando si vuole studiare la tecnologia attraverso l'economia, questo permette di studiare le sue relazioni con il sistema socio-economico, ma non la sua natura, che ha una base fisica. In questo modo si potrebbe concludere che la scienza e la tecnologia capovolgono il mito platonico della caverna, e in realtà gli umani vedono solo dei modelli ideali proiettati dalla realtà esistente alle loro spalle. Infine possiamo notare una similitudine tra scienza e tecnologia e che riguarda la modellizzazione della realtà. Infatti la scienza elabora modelli ottenuti dall'osservazione dei fenomeni naturali, e la tecnologia modelli con cui sono organizzati questi fenomeni fisici nella tecnologia, questo indipendentemente dai loro effetti sulla società, e dagli scopi per cui la scienza e la tecnologia sono sfruttate dall'uomo. Questa similitudine è accompagnata dalla necessità di un tipo di conoscenza comune, il knowhow, che abbiamo già citato, necessaria per poter svolgere le attività scientifiche o tecnologiche. Concludendo possiamo citare gli studi della dinamica tecnologica, che non considerano la tecnologia come un'applicazione della scienza, e neanche assumono la posizione di Heidegger di una scienza dipendente dalla tecnologia, infatti la dinamica tecnologica considera l'esistenza tra scienza e tecnologia di una relazione in cui la scienza fornisce alla tecnologia fenomeni sfruttabili per nuove tecnologie, e la tecnologia fornisce alla scienza i mezzi per scoprire questi nuovi fenomeni.

Un ultimo argomento da considerare è rappresentato dall'esistenza di un certo conflitto tra la cultura scientifica e tecnologica con quella più tradizionale di tipo umanistico nel campo delle culture umane. Questa cultura tradizionale si è generalmente considerata intellettualmente superiore a quella scientifica, e ancor più a quella tecnologica. La stessa cultura scientifica ha poi considerato la tecnologia una sua semplice applicazione, cosa che abbiamo contestato precedentemente. Il conflitto diretto tra la cultura tradizionale e la cultura scientifica venne portato alla luce da un chimico-fisico e scrittore inglese, Charles Percy Snow, in un suo famoso saggio intitolato "Le Due Culture" del 1959. In questo saggio Snow criticava l'atteggiamento della cultura tradizionale che usava un suo linguaggio specifico considerando illetterate le persone, come gli scienziati, che non lo comprendevano pienamente. Snow si chiedeva se questi intellettuali si potessero considerare superiori senza comprendere a loro volta concetti scientifici fondamentali come massa, accelerazione, entropia, ecc. così importanti per interpretare la realtà, come se, nella cultura

tradizionale, questi intellettuali non avessero conoscenza della letteratura di Shakespeare. Questo conflitto aveva avuto anche precedenti in Italia nel 1911, con l'intervento del filosofo Benedetto Croce al Congresso della Società Filosofica Italiana, che si opponeva a discutere anche di matematica e scienza come valido apporto alle problematiche filosofiche, sostenendo anzi che matematica e scienza non sono vere forme di conoscenza, adatte solo agli ingegni minuti di scienziati e tecnici, rispetto alle menti universali dei filosofi idealisti. I concetti scientifici sarebbero quindi solo strumenti pratici di una costruzione fittizia. Queste idee sono state importanti soprattutto in Italia poiché usate da un suo allievo, il filosofo Giovanni Gentile, nella riforma della scuola italiana negli anni trenta del secolo scorso. Questa riforma, che dava un'organizzazione razionale ai corsi di studio, premiava però fortemente l'istruzione classica rispetto a quella scientifica e tecnica, con l'accesso illimitato a tutti gli studi universitari, e limiti invece per gli altri corsi di studi. Questo ha creato per anni una classe dirigente italiana poco sensibile all'importanza della scienza e della tecnica. Questo sistema scolastico è poi stato cambiato nel dopoguerra con una serie di riforme, per l'importanza ormai assunta dalla scienza e tecnologia. Idee simili a quelle di Benedetto Croce sui concetti scientifici li ritroviamo ad esempio anche in Hannah Arendt, un'importante filosofa tedesca. Ella considerava la ricerca scientifica moderna come semplicemente una sorgente di dati dei nostri strumenti di misura, e dava come esempio le misure di Eddington che dimostrarono la validità della teoria generale della relatività di Einstein. Arendt considerava questi dati delle misure equivalenti ai numeri telefonici di un elenco di abbonati. Arendt non poteva rendersi conto che alcuni decenni dopo, la teoria generale della relatività, confermata dai dati di Eddington, sarebbe stata utilizzata per avere dati precisi sulla posizione sulla terra attraverso i satelliti geostazionari che, senza tenerne conto, avrebbero dato posizioni con errori di chilometri invece di metri. Questo fatto è una buona dimostrazione della validità delle idee del filosofo Habermas, citato precedentemente, sul contenuto informativo della scienza, che è percepito dalla società solo attraverso la sua valorizzazione tecnica. Occorre dire che la tecnologia, esistente fin da tempi ancestrali, è stata considerata da antropologi e paleontologi come una cultura, con la definizione del periodo paleolitico o neolitico riguardo alla lavorazione della pietra, e di età del rame, bronzo e ferro relativa alla lavorazione dei metalli. Con l'evoluzione della società umana si è sviluppata la scrittura e le testimonianze del pensiero umano, mentre per la tecnologia si è affermata l'idea di Aristotele di attività artigianale, distinguendo il suo fabbricare dal fare e pensare. Questa idea di tecnologia si è poi diffusa e conservata nella cultura tradizionale, ed è stata all'origine della poca considerazione per la cultura tecnologica. Questa situazione di superiorità della cultura tradizionale rispetto alla cultura scientifica, e in particolare alla cultura tecnologica, è poi collassata a causa dell'evoluzione tecnologica del XX secolo che ha permesso lo sviluppo di tecnologie che, non solo aumentavano le nostre capacità sensoriali e motorie, ma anche le capacità intellettuali con i computer e l'intelligenza artificiale. Questo ha creato problemi, già segnalati da filosofi e scienziati, di adattamento della società a questa nuova situazione. Infatti queste nuove tecnologie stanno producendo una trasformazione sociale in cui la rivoluzione digitale non sta semplicemente alterando specifici settori dell'economia, ma cambiando anche il modo in cui noi pensiamo e viviamo, non necessariamente in modo positivo.

Concludendo, con questo articolo abbiamo voluto dimostrare varie cose riguardo la scienza e tecnologia. Prima di tutto la loro comune origine fisica, basata sullo studio dei processi fisici e la loro organizzazione per soddisfare scopi umani. L'esistenza di un tipo di conoscenza comune, detta knowhow, necessaria per condurre esperimenti e operare tecnologie, una conoscenza necessaria anche nell'applicazione del cosiddetto metodo scientifico, e il suo uso nelle controversie scientifiche, e che non si può descrivere completamente come una semplice procedura. Si è poi dimostrato che la tecnologia non è semplicemente un'applicazione della scienza, ma l'esistenza di una relazione in cui la scienza fornisce alla tecnologia fenomeni sfruttabili per nuove tecnologie, e la tecnologia fornisce alla scienza i mezzi per scoprire questi nuovi fenomeni, e poi anche come la tecnologia abbia il ruolo, attraverso la valorizzazione tecnica, di rendere rilevante il contenuto

informativo della scienza per la società. Tutto questo porta a considerare che infine scienza e tecnologia siano due facce della stessa medaglia. Un'ultima considerazione riguarda i rapporti tra le varie culture come quella umanistica, scientifica e tecnologica. La riflessione sulla evoluzione dirompente della tecnologia del XX secolo dimostra che non esistono culture superiori o inferiori in termini assoluti, ma che la superiorità o inferiorità varia secondo quali scopi culturali vengono considerati.