

INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Angelo Bonomi

Il Cobianchi, Verbania 2023, pp. 7-13

Nel gennaio di quest'anno è stato pubblicato un mio nuovo libro "Technology Innovation, models, dynamics and processes" dal mio editore americano precedente, CRC Press del gruppo editoriale Taylor & Francis, specializzato in pubblicazioni scientifiche e tecniche. Questo mio nuovo libro è alquanto differente dal precedente che trattava la dinamica della tecnologia, e spiegava i processi che avvengono nella trasformazione di idee innovanti in nuove tecnologie. Questo nuovo libro infatti presenta riflessioni sulla natura della tecnologia e della sua innovazione, questo partendo dalle sue origini ancestrali già presenti nell'homo erectus che ha preceduto l'homo sapiens. Si è quindi cercata una definizione scientifica di tecnologia, che tiene conto della sua natura materiale e fisica, prendendo in considerazione anche i limitati contributi che la filosofia ha dato sugli aspetti fondamentali, ma anche sui pericoli di questa attività umana, e che ho già discusso nel mio precedente articolo "Istruzione classica e istruzione scientifica" pubblicato su "Il Cobianchi" lo scorso anno. Nella prefazione di questo mio nuovo libro ho parlato della storia delle mie esperienze nel campo della tecnologia, e ho anche citato Lorenzo Cobianchi e il suo istituto per il contributo che mi ha dato nel campo della cultura tecnologica. Per questa ragione voglio riportare in questo articolo il testo della prefazione che contiene queste riflessioni e che traduco dall'inglese:

“Questo libro riguarda la tecnologia e la sua innovazione, e la sua origine è basata su esperienze e considerazioni che ho avuto fino dalla mia giovane età. Sono nato in un piccolo territorio italiano, confinante con la Svizzera, chiamato Verbania. Un territorio con una lunga storia industriale iniziata nel 1808 con il trasferimento dalla Svizzera di imprenditori, operai e macchine durante il regime napoleonico. In questo modo l'Italia ebbe il primo stabilimento di filatura meccanica del cotone. Questo tipo di industria crebbe nel territorio, favorito dalla presenza di energia idraulica dai torrenti delle Alpi, diventando, nella seconda metà dell'ottocento, un piccolo distretto industriale per la filatura del cotone con oltre 5000 lavoratori e 40 stabilimenti. Vi furono anche attività innovative come la realizzazione nel 1891 della prima linea elettrica extraurbana, lunga 5 km, da un impianto idroelettrico da 500 kW vicino alle montagne, alimentando gli stabilimenti con energia idroelettrica invece che idraulica. Il mio primo contatto con la tecnologia industriale di questo territorio avvenne all'età di 13 anni visitando, accompagnato da mio padre, lo stabilimento locale di produzione di filo di rayon. Questo materiale di seta artificiale era prodotto trattando fogli di cellulosa con acido acetico. La cellulosa acetilata ottenuta era separata e sciolta in acetone, dopo di che il solvente era evaporato in una filiera producendo fili di rayon. La miscela esausta era trattata con etere per estrarre l'eccesso di acido acetico, poi recuperato in una colonna di distillazione. Vi furono per me due ricordi che mi rimasero impressi da questa visita, il primo di paura guardando la colonna di distillazione con il rumore delle pompe e del flusso dei liquidi, il secondo di fastidio vedendo un operaio che sostituiva i filtri in una cabina in un'atmosfera saturata di acetone. Tuttavia queste emozioni negative non mi impedirono la scelta, per i miei studi secondari, di diventare un perito chimico pensando che dopotutto le tecnologie erano allo stesso tempo pericolose e interessanti. Ho iniziato quindi i miei studi in una scuola storica locale, fondata nel 1886 per il volere di un industriale locale, Lorenzo Cobianchi morto nel 1881. La sua idea era che l'industria locale avesse bisogno di educazione tecnica anche per giovani adolescenti, di quindici o sedici anni, insegnando meccanica, elettrotecnica e chimica già a questa giovane età. Nel mio primo anno di scuola fui sorpreso di dover frequentare l'officina, invece di un laboratorio chimico, con il compito di trasformare un pezzo di acciaio in un dado con dimensioni e planarità precise utilizzando semplicemente lime e calibro. Capii molto più tardi che questo era un buon modo di insegnare cosa era un knowhow, una conoscenza che non può essere imparata leggendo libri o ascoltando lezioni in

classe, ma che ha una grande importanza nelle attività tecnologiche. Dopo questi studi ho frequentato l'Università di Milano ottenendo il diploma di dottore in chimica industriale. Questo diploma era caratterizzato, nella concezione di questa università, da avere gli stessi insegnamenti previsti per il diploma in chimica, ma a cui venivano aggiunti corsi in chimica industriale e di impianti chimici. Questo per dare una formazione adatta ad attività di R&S per lo sviluppo di tecnologie chimiche. Ho iniziato la mia carriera al centro di ricerche del Battelle Memorial Institute a Ginevra. All'inizio i miei interessi erano indirizzati alla ricerca scientifica e al management dei progetti di R&S. Tuttavia, in una seconda fase della mia carriera, decisi di iniziare un'attività di consulente per la promozione dell'innovazione tecnologica nei distretti industriali italiani, e infine ebbi l'occasione di diventare ricercatore associato dell'IRCrES, un istituto di ricerche per una crescita economica sostenibile del CNR, studiando l'innovazione tecnologica e lo sviluppo tecnologico dei territori. Studiando la letteratura, per la più parte sulla relazione tra tecnologia ed economia industriale, ero insoddisfatto di come la tecnologia era considerata in molti di questi studi rispetto alle mie conoscenze scientifiche ed esperienza tecnica. La tecnologia e l'innovazione tecnologica negli studi economici appariva spesso non ben definite come nel caso di concetti utilizzati in scienza. Le definizioni di tecnologia e innovazione erano infatti differenti a seconda delle enciclopedie, libri e articoli dando una visione incoerente sui processi della tecnologia e della sua innovazione. Inoltre, dopo più di cinquant'anni di esperienza nell'innovazione tecnologica e del suo management, mi domandavo se questa passata esperienza fosse ancora utile nel mondo attuale dell'innovazione. Infatti mi sembrava che i problemi e le soluzioni della mia passata esperienza non fossero valide per fornire soluzioni in un nuovo ambiente con visioni differenti dell'innovazione, e disponibilità delle moderne tecnologie del computer e delle comunicazioni. Tuttavia questo mi fece nascere l'idea che vi fossero in ogni caso aspetti fondamentali dell'innovazione che erano gli stessi sia nel passato che nel presente e perfino nel futuro dell'innovazione. Ho quindi pensato essere di interesse lo studio di questi aspetti fondamentali. L'idea era che fosse necessario non solo studiare come sono sviluppate le nuove tecnologie, ma piuttosto pensare alle tecnologie in maniera differente da come ora sono pensate. Da queste considerazioni mi domandavo cosa era conservato nell'attività dell'homo erectus, mezzo milione di anni fa, migliorando la lavorazione della pietra o utilizzando il fuoco per suoi scopi, e le innovazioni tecnologiche realizzate attualmente nei laboratori di R&S dai ricercatori. Una risposta possibile che ho trovato sta nella natura fisica della tecnologia, formata da un insieme di fenomeni fisici, chimici e biologici che producono un effetto sfruttabile per scopi umani. Questi aspetti sono presenti sia nelle tecnologie dell'homo erectus che nelle moderne tecnologie. Studiando in questo modo la tecnologia occorrerebbe tener conto di un enorme insieme di fenomeni fisici che sono presenti nell'attività di una moderna tecnologia, un compito estremamente difficile. La possibilità di semplificare lo studio della tecnologia con questo approccio apparve in studi fatti attorno agli anni 90' al Santa Fe Institute nel campo della scienza della complessità. In questi studi la tecnologia era considerata formata da un insieme di operazioni tecnologiche che sono in relazione con i fenomeni fisici, chimici e biologici della tecnologia. Quindi la tecnologia può essere vista come una struttura di operazioni tecnologiche, coerenti con la sua natura fisica, e l'innovazione come un cambiamento di questa struttura. Questo solleva la domanda su come avviene questo cambiamento, e l'idea è che questo cambiamento avvenga in strutture che organizzano flussi di conoscenza e capitali generando nuove tecnologie e nuove conoscenze. Tutto questo permette di sviluppare un modello matematico della tecnologia basato sulle sue operazioni, e modelli matematici dell'innovazione tecnologica basati sulle strutture che organizzano flussi di conoscenza e capitali, descrivendo in questo modo aspetti fondamentali della tecnologia e della sua innovazione, indipendentemente da fattori economici, industriali o sociali. Questi studi hanno costituito l'oggetto del mio primo libro sulla dinamica tecnologica, e il presente libro su modelli, dinamiche e processi dell'innovazione tecnologica.”

Il libro presenta così a una definizione della tecnologia come un insieme di fenomeni fisici, chimici e biologici che producono un effetto sfruttabile per scopi umani. Questi fenomeni possono essere

inclusi in una visione della tecnologia come un insieme di operazioni tecnologiche che avvengono secondo una sequenza temporale, e dell'innovazione tecnologica vista come un cambiamento delle operazioni tecnologiche e della loro sequenza temporale. Questo permette di derivare modelli, anche matematici, della tecnologia e della sua innovazione utili per spiegare i processi che generano nuove tecnologie.

Il libro inizia con un capitolo dedicato all'origine ancestrale della tecnologia, risalente già agli ominidi, come l'homo erectus, che già, mezzo milione di anni fa, erano in grado di usare il fuoco e lavorare la pietra per farne degli utensili sempre più perfezionati. In realtà si potrebbe pensare che vi è stata una coevoluzione biologica e tecnologica nello sviluppo dell'homo sapiens. Infatti, ad esempio nell'affrontare l'era glaciale, la conoscenza di una tecnologia per uccidere una preda, e utilizzare la sua pelliccia per proteggersi dal freddo, è stata una soluzione più rapida ed efficiente piuttosto che aspettare che la selezione darwiniana favorisse biologicamente gli individui con una maggiore crescita della peluria. Lo sviluppo ancestrale della tecnologia ne ha caratterizzato la sua natura di sopravvivenza che esiste tuttora, anche se attualmente non è considerata nella sua importanza. L'ambientalismo sottolinea soprattutto la natura come essenziale per la sopravvivenza umana, ma in realtà senza la tecnologia la specie umana, come si è evoluta biologicamente, non avrebbe nessuna possibilità di sopravvivenza. Questa idea era ben presente nell'antica Grecia nel mito di Prometeo, che aveva rubato la tecnologia ad Atena e il fuoco a Efesto, per correggere l'errore del suo fratello gemello Epimeteo che, incaricato dagli Dei di distribuire i vari mezzi di sopravvivenza, li aveva tutti distribuiti agli animali lasciando gli uomini nudi, scalzi e senza difese. Un altro aspetto che riguarda la tecnologia praticata già dagli ominidi, in presenza probabilmente di un linguaggio primitivo e assenza di scrittura, riguarda la formazione di una conoscenza diretta tra il cervello umano e le attività tecnologiche, in pratica quello che ora noi chiamiamo knowhow, e che tuttora necessita imitazione ed esperienza per il suo ottenimento poiché non è trasmissibile completamente semplicemente in forma parlata o scritta. Il libro continua con un breve capitolo che riguarda l'innovazione in generale, che può essere di vari tipi, e che in molti casi coinvolgono l'innovazione tecnologica. Infine si sottolinea l'esistenza di un'importante innovazione tecnologica di tipo sociale, che risponde a esigenze delle persone, e che usa strumenti come il PC e gli smartphone e infrastrutture come internet e il Wi-Fi.

Vi è poi un capitolo dedicato alla complessità della tecnologia. Esso illustra come molti concetti, processi e modelli studiati dalla scienza della complessità trovano riscontro nelle attività tecnologiche. Ad esempio concetti come emergenza spiegano la nascita di idee innovanti per nuove tecnologie da un caotico insieme di conoscenze. Il concetto di robustezza viene definito come la capacità di un sistema tecnologico di resistere a perturbazioni per le quali non è stato progettato. Tra scienza e tecnologia esiste poi un fenomeno retroattivo, detto feedback, che forma un circuito in cui la scienza fornisce nuovi fenomeni da sfruttare per la tecnologia, e la tecnologia gli strumenti necessari per scoprire nuovi fenomeni. I processi studiati dalla scienza della complessità, come la transizione di fase e l'autocatalisi, sono presenti nelle attività tecnologiche, e spiegano il fatto che la formazione di nuove tecnologie non è proporzionale all'attività di R&S condotta, ma che esiste una soglia (transizione di fase) al di sotto della quale non vi è sviluppo tecnologico, mentre al di sopra della soglia si può avere una crescita tecnologica esponenziale. Questo perché al di sotto di un certo livello di attività di R&S è improbabile che si generi una nuova tecnologia. D'altra parte, in caso di un'elevata attività di R&S, si forma un processo auto-catalitico in cui le conoscenze sulla tecnologia si accumulano dando la possibilità di generare sempre di più nuove tecnologie. Infine la scienza della complessità dimostra che i sistemi che generano nuove tecnologie come la R&S, le start-up, ecc. non sono stati progettati da università, business school, ecc. ma si sono formati spontaneamente per rispondere a bisogni della società, e studiati solo dopo la loro formazione.

Il libro tratta poi delle relazioni che esistono tra tecnologia ed ambiente, argomento che ho trattato anche in molti miei articoli pubblicati su Il Cobianchi. Critica il principio di precauzione per la sua rigidità, osservando che la rinuncia allo sviluppo di una tecnologia, per l'impossibilità di dimostrarne la sua non pericolosità, potrebbe avere come risultato la mancanza di una tecnologia che sarebbe invece utile per fronteggiare poco frequenti ma pericolosi eventi naturali come il COVID19. Attualmente il principio di precauzione tende ad essere sostituito da una valutazione non solo dei possibili pericoli dell'uso di una tecnologia, ma anche dei danni del suo non uso, più difficili da valutare ma non per questo inesistenti. Ne segue poi una discussione sui problemi ambientali principali che sono l'inquinamento, l'esaurimento delle risorse e il riscaldamento globale. Per l'inquinamento vi è un sistema ecologico industriale, detto del capitalismo naturale, che propone di sostituire tutti i processi di produzione industriale con processi ecologici che consumano meno energia e materie prime, ed evitano la formazione di rifiuti solidi ed effluenti inquinanti che devono essere depurati. Per questo i processi ecologici possono risultare anche più economici. Per l'esaurimento delle risorse vi è il sistema dell'economia circolare che tende ad avere la fabbricazione di prodotti di lunga durata e riparabili, e tecnologie di riciclo dei materiali in modo da ridurre, se non eliminare, il consumo delle materie prime per la loro produzione. Il problema del riscaldamento globale è più complesso e richiede la sostituzione delle tecnologie convenzionali di produzione di energia che usano il carbonio e che emettono CO₂, con tecnologie come l'eolico e il fotovoltaico. Il problema non è tanto quando avremo tutte le tecnologie ecologiche sostitutive, ma quando, e quale sarà a quel momento la concentrazione di gas serra con gli effetti nefasti che produce. In conclusione è necessario sviluppare non solo le tecnologie ecologiche di produzione dell'energia ma anche tecnologie che permettono di mitigare gli effetti dannosi del riscaldamento globale.

Vi è quindi un capitolo che tratta delle applicazioni dei modelli di tecnologia e della sua innovazione e che riguarda l'ottimizzazione del funzionamento di tecnologie che hanno differenti tipi di efficienza come l'efficienza economica e quella ambientale, e del funzionamento di un sistema territoriale di innovazione tecnologica in cui sono presenti vari modi di fare innovazione come i progetti industriali di R&S o le start-up finanziate da venture capital.

Il libro descrive poi le prospettive evolutive della tecnologia riguardo ai settori che mostrano di avere i più elevati potenziali innovativi, e anche riguardo ai sistemi tecnologici innovativi più efficienti nella formazione di nuove tecnologie. I settori tecnologici che presentano un grande potenziale di sviluppo sono: l'intelligenza artificiale per l'enorme numero di applicazioni che può avere, le nanotecnologie per il grande numero di materiali che possono essere ridotti a dimensioni nanometriche sfruttandone le nuove proprietà, la biologia sintetica per il grande numero di molecole naturali o artificiali che possono essere usate per le sue applicazioni, e le applicazioni della fisica quantistica con molti fenomeni che non sono ancora sfruttati per nuove applicazioni, e molti altri forse non ancora scoperti. In realtà le tecnologie che sfruttano fenomeni quantistici sono molto più numerose di quanto comunemente si crede, e coinvolgono ad esempio tutte le moderne tecnologie informatiche e di comunicazione includendo poi anche il computer quantistico. Per quanto riguarda i sistemi tecnologici innovativi il libro descrive uno scenario possibile nel caso in cui si premia nelle strategie industriali l'innovazione tecnologica. In questo nuovo sistema le aziende produttrici si concentrano sulla concezione dei prodotti mentre le varie tecnologie da usare per la fabbricazione dei prodotti sono fornite da aziende particolari, chiamate piattaforme industriali, che non solo forniscono tecnologie alle aziende produttrici ma ricevono continuamente informazioni sulla produzione e uso dei prodotti. Inoltre le piattaforme industriali sono in contatto con aziende che sviluppano tecnologie, organizzazioni che conducono progetti di R&S e start-up, questo per alimentare la loro potenzialità tecnologica. In questo modo nel sistema vi è un'enorme circolazione di conoscenze che favorisce la nascita di idee innovanti e quindi di nuove tecnologie.

In conclusione il libro tratta dei problemi intrinseci di tipo sociale, differenti da quelli estrinseci dovuti all'uso della tecnologia trattati nella relazione tra tecnologia e ambiente. Questi problemi nascono dall'evoluzione della tecnologia, e riguardano la disponibilità di tecnologie che generano enormi quantità di energia di origine nucleare, con il pericolo di avere guerre atomiche, ma anche la disponibilità di grandi quantità di conoscenze, non sempre valide ma anche false, antiscientifiche e manipolate per usi impropri. Inoltre esistono problemi specifici legati all'uso dei computer, delle moderne tecnologie di comunicazione e dell'intelligenza artificiale. Il pericolo più importante, legato a questi problemi intrinseci, è la tendenza a trasferire i processi razionali dalla mente umana alle macchine, creando un'umanità che conosce per avere una risposta a una domanda, risolvere un problema o perfino assicurare la gestione di una tecnologia, solo le procedure per quali tasti schiacciare o punti dello schermo tattile sfiorare conoscendo tra l'altro nulla o quasi di come funziona la macchina, con la conseguenza di una perdita di controllo della realtà. Inoltre questo è peggiorato dall'uso dei social network che tendono a premiare i processi emotivi a scapito di quelli razionali. Riguardo le moderne tecnologie di comunicazione, con la loro larga diffusione e libertà, esse sono accompagnate, non solo da informazioni anti-scientifiche, false o manipolate, ma anche da ottenimento di dati da chi le usa con effetti non necessariamente voluti. Questo nuovo sistema comunicativo rende l'informazione un bisogno inevitabile, e si presta alla manipolazione delle opinioni da parte di chi possiede le tecnologie di comunicazione. Concludendo questa nuova situazione creata dall'evoluzione tecnologica, ha sicuramente aspetti utili, ma tende anche a trasformare il nostro modo di pensare e vivere. Per i pericoli intrinseci della tecnologia non esistono soluzioni tecnologiche come per i problemi estrinseci di tipo ambientale. Sono solo possibili azioni sociali e politiche di contrasto ai pericoli, e che includono anche cambi radicali in campo educativo, in particolare a livello di istruzione secondaria superiore, per avere un'istruzione generalizzata utile per vivere nel XXI secolo. Un cambiamento possibile, suggerito dalla natura e importanza della tecnologia assunta nel XXI secolo, è la spiegazione degli aspetti fondamentali della tecnologia, le basi del funzionamento delle macchine a cui trasferiamo i nostri processi razionali, e i fenomeni fisici della fisica quantistica che rappresentano la base della più parte delle tecnologie che noi usiamo nel XXI secolo. Solo in questo modo è possibile comprendere il mondo tecnologico che pervade la società del XXI secolo permettendo di sfruttarne i vantaggi ed evitarne i pericoli.

Copyrighted Material
CRC FOCUS



TECHNOLOGY INNOVATION

Models, Dynamics, and Processes

Angelo Bonomi

 **CRC Press**
Taylor & Francis Group

Copyrighted Material