



Numero 3 / 2022

Rita Cucchiara

**Presente e futuro dell'intelligenza
artificiale: una prospettiva per il lavoro e
l'industria**

Presente e futuro dell'intelligenza artificiale: una prospettiva per il lavoro e l'industria

Rita Cucchiara

Università degli studi di Modena e Reggio Emilia, Italia

1. Introduzione

Prometeo sfidò gli dèi portando agli uomini il fuoco e fu condannato per l'eternità a sostenere sulle sue spalle tutto il peso della nostra terra. Con le debite proporzioni, può ricordare ciò che accade a chi si occupa di Intelligenza Artificiale (AI d'ora in poi dalla sua declinazione inglese): negli ultimi anni, i ricercatori, progettisti e produttori di sistemi di AI - dalle startup alle grandi aziende informatiche- sono sotto il riflettori del mondo dato l'impatto potenziale in tutti i settori della società e dell'economia e nel contempo sono spesso accusati o demonizzati per offrire a tutti e *a briglia sciolta* tecnologie così potenti e potenzialmente pericolose.

E' davvero una impresa titanica anche soltanto discutere del presente del futuro dell'Intelligenza Artificiale *tout-court*, di tutti quei sistemi che oggi sono in grado di interagire e comprendere l'ambiente (attraverso la Visione Artificiale, l'elaborazione del linguaggio naturale, l'analisi di

segnali dell'internet delle cose), di creare comportamenti autonomi ed intelligenti, e di intraprendere azioni di conseguenza¹.

Data la generalità del tema e le sue infinite implicazioni sul lavoro, sulla vita degli individui e del pianeta, non è possibile offrire in poche pagine un trattato se non superficiale sul tema; questo documento quindi affronterà solo pochi aspetti che derivano da alcune osservazioni raccolte e riproposte nei dibattiti multidisciplinari² che si sono succeduti soprattutto dal 2018, quando anche in Europa sono nati i primi documenti politici come “*AI for Europe*” firmato da tutti gli stati membri del governo europeo nell'Aprile del 2018, che ha sancito una chiara traiettoria originale, ben differenziata rispetto al mondo Statunitense od asiatico. Se l'approccio americano nasce dalle aziende private, basato sulla massima produzione economica, sulla analisi di dati del Web e sociali e l'approccio cinese nasce controllato dalle aziende di stato, l'approccio Europeo si rivolge in primis ai diritti dell'individui e della società, alla regolazione dei modelli di AI -cosa assai nuova nel panorama informatico- e alla differenziazione della produzione per servizi “ad alto rischio” rispetto ai servizi nati a supporto della produzione industriale e dei servizi su dati non sensibili.³

Parliamo qui di dibattiti multidisciplinari perché se dovessimo concentrarsi sull' AI come disciplina scientifica e tecnologica, la strada sarebbe molto più limpida e ben segnata da fatti, scoperte, modellizzazioni che uniscono la matematica e l'informatica sin dagli anni

¹ Le definizioni sopra riportate derivano dai documenti “*White Paper on AI*” 2019 EU Parliament e “*Principles of Artificial intelligence*” OECD 2019 (<https://oecd.ai/en/ai-principles>)

² Come appunto la giornata di lavoro “Intelligenza Artificiale, Lavoro, Impresa tra applicazioni pratiche e regolazione europea” dell'8 giugno 2022, Modena

³ Su questi aspetti si veda la proposta di regolamentazione europea “*AI ACT*” dell'aprile 2021, EU Parliament.

‘50 dai primi trattati di Alan Turing⁴, dagli assiomi e gli sviluppi della Logica e dei Sistemi Esperti, dai tentativi empirici e statistici della *Pattern Recognition* sino alla grande rivoluzione del *Deep learning* - massimamente teorizzata nell’ultimo decennio grazie a lavori pionieristici di Goeffry Hinton, Joshua Bengio e Yann LeCunn⁵ - e della modellazione di architetture neurali artificiali capaci di apprendere in modo supervisionato o self-supervisionato, che rappresentano certamente il presente e il futuro prossimo della ricerca scientifica e della tecnologia AI. L’AI è soprattutto ricerca e produzione informatica ma con una sua diretta applicabilità nel mondo del lavoro della industria e della società ed il primo aspetto che si vuole ribadire è la forte connessine tra la ricerca, la produzione e le esigenze degli utenti singoli e collettivi che forniscano richieste e definiscono perimetri di quello che ci si aspetta dall’AI nel prossimo futuro.

Obiettivo dei prossimi paragrafi è analizzare alcuni aspetti sugli impatti che l’AI può avere nel lavoro dei singoli, nella società, nella sostenibilità energetica ed economica come volano della transizione digitale, se impiegata con criterio e in un perimetro di consapevolezza e regolazione.

2. Intelligenza artificiale: maturità ed evoluzione

Spesso ci si chiede: “ma l’AI è ormai una tecnologia pronta all’uso, “*off-the-shelf*” o non è ancora matura per una sua introduzione capillare?” La risposta è duplice. L’AI più volte è stata paragonata all’elettricità per le potenzialità verso una nuova rivoluzione tecnologica, come lo fu

⁴ A.M. Turing “*Computing Machinery And Intelligence*” *Mind*, 1950

⁵ Ci si riferisce ai lavori scientifici che hanno loro permesso di vincere nel 2018 il Turing Award <https://awards.acm.org/about/2018-turing>

appunto l'elettricità ed i suoi derivati, o lo fu la diffusione dei calcolatori e del Web nel secolo scorso. Non è esagerato anche il paragone con il fuoco dato è una tecnologia tanto utile quanto potenzialmente pericolosa se non impiegata nel modo corretto e consapevole. Certo e' vero che negli ultimissimi anni, anche a seguito della pandemia e delle evidenti necessità di tecnologie digitali per i singoli e delle industrie, i successi dell'AI si sono così consolidati da poter aver tralasciato in modo chiaro l'età della pura sperimentazione. L'AI è in continua evoluzione o rivoluzione scientifica, non è un asset consolidato considerando gli investimenti di ricerca delle grandi aziende in laboratori di ricerca come *DeepMind* (Google), *OpenAI* (connessa a Microsoft), *FAIR* (di Meta) e gli *AWS Labs* (Amazon), dei grandi atenei di tutto il mondo (come *HAI Human AI center* di Stanford) e gli investimenti che si stanno consolidando anche in Europa nei Programmi di Horizon Europe ed in Italia con le proposte nate dalla strategia italiana⁶ e dal PNRR.

Con AI ormai ci si riferisce in modo unanime non tanto ad una sola tecnologia ma ad un insieme di tecnologie che in gran parte – anche se non soltanto- affondano le basi nelle teorie dell'apprendimento automatico (*machine learning*) fondato su architetture o modelli neurali artificiali (o *deep learning*), impiegate per realizzare sistemi capaci di interagire con l'ambiente comprendendone i segnali e i dati di ogni natura, esprimendo un comportamento “intelligente”, capace di risolvere problemi nuovi o di replicare modelli di ragionamento su dati e condizioni non note a priori, ed infine capaci di produrre azioni. Parliamo di azioni per indicare azioni fisiche come quelle dei sistemi

⁶ Il “Programma strategico di IA 2022-2024” la governo italiano mette per la prima volta la ricerca al centro degli investimenti, e si è concretizzato con il progetto sui Partenariati Estesi FAIR “Future in AI Research” approvato in agosto 2022 dal MUR.

hardware basati su AI, siano essi robot, oggetti, veicoli o satelliti, ma anche per indicare azioni digitali, servizi software come i sistemi di raccomandazione (Netflix o Amazon ne sono esempi), sistemi di predizione (dalla “*predictive analytics*” nella produzione manifatturiera, alla diagnosi medica) a sistemi di interazione tra sistemi artificiali ed umani.

Sistemi e servizi di AI nel secolo scorso funzionavano solo in ambiti prototipali o solo in casi molto specifici, se definiti da programmatori e progettisti esperti per problemi definiti. Alcuni sistemi esperti erano già in uso per la pianificazione di sistemi complessi (come nei grandi snodi ferroviari), per la risoluzione di problemi singoli (*BluGene* vinse nel 1994 contro Kasparov a scacchi) o si stavano già diffondendo in ambito di sicurezza come i sistemi per il riconoscimento del volto⁷. Malgrado alcune teorie e modellazione dei volti fossero consolidate fin dalla metà degli anni '90, l'11 Settembre 2001 ben pochi aeroporti erano dotati- anche se avrebbero potuto esserlo- di sistemi di controllo massivo dei passeggeri, così come non lo era l'aeroporto del Portland dove i terroristi passarono indenni ai controlli umani. Negli ultimi 20 anni, i centri di ricerca, le grandi aziende del web americane/asiatiche, le startup di tutto il mondo hanno realizzato non solo sistemi proprietari ma ora stanno rilasciando librerie, piattaforme e modelli *opensource* per un uso massivo e distribuito di molti modelli di analisi dei dati tramite l'AI e di architetture capaci di essere personalizzate per essere poi realizzate secondo le esigenze delle singole aziende o degli specifici progetti. Questo sia come servizi *cloud* che come facilities per la realizzazione di sistemi *edge*, dedicati. Ora, nel secondo decennio del XXI secolo, si parla

⁷ Il programma FERET sulla Face Recognition fu finanziato dal DARPA fin dal 1993 ed ora inserito dal 2017 nei programmi del NIST (National Institute of Standards and Technologies) (<https://www.nist.gov/programs-projects/face-recognition-technology-feret>)

di *MLops*⁸ per indicare tutte le competenze necessarie per rendere operativo il *machine learning*, dalla raccolta, e cura dei dati sia per l'apprendimento sia poi le fasi di inferenza, alla scelta di come assemblare librerie software, come adattarle ai problemi specifici ("*domain adaptation*" in Fig.1) e come post-elaborarle o riprogettarle ("emendarle") anche per essere eseguite su dispositivi dedicati e a basso costo come tutti i piccolo droni intelligenti che per sicurezza o per motivi bellici stanno proliferando. Si stanno sviluppando anche nuove piattaforme, che in ambito di analisi multimodale e di testo si chiamano "*Large Scale models*" o "*Foundational models*"⁹ già pre-trained (parte arancio in Dig.1) da impiegarsi a seguito di adattamento e personalizzazione per arrivare all'operatività.

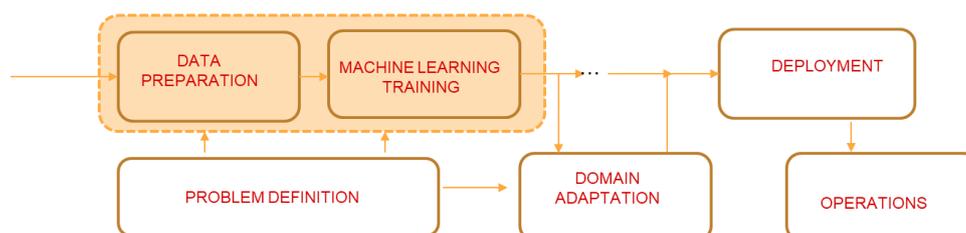


Fig.1 Il ciclo di vita dei sistemi di Machine Learning MLops: la definizione del problema indica come operare in termini di *Data Preparation and Training*; questa parte e' spesso già a disposizione ed e' necessaria una fase di *Domain adaptation* che porta al *deployment* della soluzione da testare e poi mantenere in fase *Operation*

E' chiaro quindi che ora i sistemi di AI sono sistemi commerciali che si possono "acquistare " come prodotto finito, personalizzare o riprogettare per usi definiti dal cliente. Pensiamo a grandi clienti come gli istituti finanziari che si affidano a aziende di servizi AI per le analisi transazionali, o industrie manifatturiere che comperano "robot intelligenti" o sistemi di trasporto autonomo, o i singoli individui che

⁸ MLops Machine Learning Operations (<https://ml-ops.org/>)

⁹ Si veda

scaricano ogni giorno app di AI ad uso personale o gli ospedali che comprano software di AI per la diagnosi. Cambia quindi anche il lavoro perché molte figure professionali possono ora interessarsi o lavorare in ambito AI, collaborando *con AI engineers* come esperti di dominio o anche in modo indipendente. Gli strumenti di AI si diffondono tra medici, tra legali, tra economisti e progettisti, tra designer ed architetti. I dati economici parlano chiaro e suppongono che l'indotto economico del mercato dell'AI potrà essere al 2030 di 15.7 trillion\$ con un incremento dovuto al incremento della produzione di 9.1 trillion\$ e di 6,6 trillion\$ alla realizzazione di nuovi prodotti¹⁰. Questo indotto economico non può essere solo realizzato da aziende informatiche - per altro ancora poco sviluppate nel mercato europeo - ma verrà realizzato in modo diffuso, come nel nostro territorio emiliano-romagnolo da molte aziende manifatturiere.

Ecco che però il futuro dell'adozione dell'AI per la transizione economica e sociale passa davvero attraverso una presa di coscienza della complessità di sistemi AI che se adottati senza consapevolezza possono portare a rischi di portata non trascurabile. Si parla di sistemi non trasparenti, o di *back box*, non perché davvero lo siano (sono sistemi ormai realizzati con centinaia di milioni o miliardi di parametri che vengono ottimizzati attraverso l'addestramento automatico e la loro spiegabilità non è impossibile ma certo diventa ogni giorno più complessa¹¹) ma perché il comportamento non è sempre spiegabile all'utente finale. Certamente questo è un aspetto che, secondo tutti gli

¹⁰ <https://www.pwc.com/gx/en/issues/data-and-analytics/publications/artificial-intelligence-study.html>

¹¹ Questo è uno dei motivi per cui “*explainable AI*” è tutt'ora uno dei temi più caldi della ricerca in intelligenza artificiale, e lo sarà sempre di più in futuro per realizzare modelli che possano essere spiegabili by-design, e capaci di adattarsi alle esigenze anche iper-personalizzate degli utenti

analisti, ne rende complessa la adozione e la diffusione capillare. Ugualmente l'utente finale non ha sempre garantito il grado di equità (Fairness) o di assenza di scostamenti (*Bias*) nei modelli di apprendimento¹² che non sono noti a chi adotta o utilizza sistemi AI pre-addestrati.

3. L'Intelligenza Artificiale, l'industria e il mondo del lavoro

E' inevitabile che la rivoluzione dell'AI sta cambiando stabilmente l'industria la produzione e il mondo del lavoro e lo farà sempre di più nel futuro. La prima motivazione è quella sopradescritta, poiché i sistemi AI potranno sostituire molte funzioni nel ciclo industriale così come la meccanicizzazione robotica da decenni ha affiancato o sostituito la manovalanza umana in attività logoranti o di scarsa soddisfazione. L'AI supporterà sempre di più sia la produzione e la logistica, approntando in modo sempre più robusto ed efficace l'analisi automatica di tutti i dati sensoriali della produzione, il controllo diretto delle anomalie, il collegamento con tutti i dati della *supply chain*, la correlazione con i dati di vendita o di manutenzione dei prodotti fino alla prescrizione di modelli di risparmio energetico e di scelte votate alla sostenibilità. Già ora questi modelli si stanno sperimentando con successo (esempi sono i progetti in corso nel 2022 ad UNIMORE presso Aimagelab¹³ con industrie manifatturiere come Florim, IMA, Spal, Datalogic, CNH, solo per indicarne alcune) ma potrebbero nel futuro diventare più massivamente adottati: nell'immediato futuro anche grazie al supporto di finanziamenti

¹² Anche i temi di fairness e robustezza contro i bias dell'apprendimento soprattutto quando si parla di dati sensibili, sono altri temi di ricerca molto importanti nei prossimi anni, come è anche sottolineato dai programmi di Horizon Europe

¹³ Si veda aimagelab.unimore.it/projects

PNRR, e si spera in modo continuativo anche dopo il triennio della *Next Generation Europe*. Alcuni fenomeni di adozione dell'AI e cambiamento di produzione sono a lungo termine ma inderogabili, come la produzione di veicoli a guida autonoma¹⁴, o di robot sociali per la interazione nella casa, o di sistemi autonomi e interagenti anche nelle aziende di produzione. Il modello di produzione dovrà cambiare in modo consistente, portando la centralità della raccolta e selezione dei dati non come un tema soltanto per i CED o per gli esperti dei sistemi informativi aziendali, ma anche e soprattutto nei reparti di progettazione e produzione. Il trend di affiancare a figure tecniche del settore, figure professionali esperte nelle data science e nel *ML engineering* è già partito e sarà sempre più inarrestabile. Oltre ai cambiamenti nelle industrie, cambierà anche il lavoro dei singoli anche nelle aziende dei servizi e negli studi professionali. Sicuramente la interazione con sistemi di *Robot Process Automation* (ad es. per la correzione automatica dei testi) e con sistemi di *AI document processing* (ad es. per la compilazione collaborativa persona-AI di documenti professionali o la ricerca personalizzata) sarà capillarmente diffusa tra studi professionali ed aziende di servizi. La figura dell' "addestratore di un sistema artificiale" sarà una professione riconosciuta per chi ha proprie specifiche *expertise* da poter diffondere e rendere comuni, specie se un modello di collaborazione potrà superare anche il modello di competizione che ora prevale nella vita professionale. Cambierà fortemente ed in parte lo è già il lavoro di esperti nel settore medico e sanitario dove *l'AI for Health* ha fortissimo impatto e dove sarà sempre più importante trovare modelli di comunicazione e di

¹⁴ Secondo molti esperti i veicoli a guida autonoma stanno rivoluzionando il settore automobilistico: i primi sistemi che si stanno portando in produzione (come i Taxi Mobileye presto in circolazione a Tel Aviv) porterà a modelli di "*Vehicle-as-a-service*", che sposterà la produzione sempre meno verso il veicolo come oggetto proprietario quanto come il veicolo oggetto di servizio da noleggiare o impiegare *on-demand*.

condivisione delle informazioni anche attraverso modelli che tutelino la privacy degli individui e la centralità di chi ha la responsabilità finale delle scelte, come attualmente è il medico. Il problema dell'”*Accountability*” dei sistemi di AI è uno dei temi più discussi nella standardizzazione e regolazione dell'AI così come le implementazioni basate su modelli di *federate learning* si stanno diffondendo per garantire proprietà e riservatezza dei dati elaborati.

4. Intelligenza artificiale e sostenibilità

L'Intelligenza Artificiale impatta già oggi la sostenibilità economica delle imprese e della società, permettendo nuovi modelli di business, migliorando modelli di risparmio nella produzione e permettendo il mantenimento sul mercato delle imprese che ne investono. Va ricordato che in una situazione geo-politica e geo-economica di mercato sempre meno globale e di limitazioni di interazione commerciali almeno rispetto al recente passato, sarà sempre più necessaria la produzione locale di sistemi intelligenti, per mantenere il know-how, che spesso risiede nei dati, nelle competenze dei singoli, nei modelli di progetto, e di produzione.

Altrettanto evidente è l'impatto che l'AI ha e potrà avere nella sostenibilità ambientale, energetica, nei cambiamenti climatici, nel controllo dell'inquinamento e nella sostenibilità urbana. Il tema necessiterebbe un approfondimento ben maggiore, ma va ricordato che solo recentemente si è concretizzata la possibilità di elaborare grandi quantità di dati sensoriali (come quelli accolti in IoT da foreste o da zone alluvionate), di immagini da satellite o dalle telecamere urbane, o presto si potrà anche da sensori in movimento quali i veicoli pubblici e privati. Sono soluzioni estremamente costose in termini di investimenti

per la acquisizione e la elaborazione (ora possibile anche grazie agli investimenti Europei ed Italiani in HPC come il Leonardo del CINECA) ma che si stanno sviluppando anche grazie alle nuove modellazioni semi supervisionate dei modelli neurali di nuova generazione. Sono strumenti che presto diventeranno molto più diffusi ed impiegabili e certamente permetteranno soluzioni ora impossibili, soprattutto per quel che riguarda la prevenzione, la previsione di incidenti o di anomalia e la pianificazione energetica e ambientale in città e in zone rurali.

Infine l'aspetto di forse maggiore rilievo sta nell'impatto dell'AI nella sostenibilità sociale. Gli impatti saranno certamente positivi se si considerano temi come quelli della sanità, dell'educazione, o della mobilità. Prendendo solo ad esempio il primo di questi punti, l'AI per la sanità è davvero un argomento cardine di oggi e del futuro. Se ora gli screening sulla popolazione sono spesso già stati implementati da tempo per la prevenzione (si pensi alle analisi capillari per il tumore alla mammella), ma spesso analizzati solo localmente da esperti umani, nel prossimo futuro si potrà avere sistemi sanitari efficaci anche in ambito di medicina personalizzata o di medicina sociale che si avvarranno di dati correlati correlati tra le anamnesi dei singoli. Anche in questi settori per effettuare un salto generazionale sui modelli di diagnosi e di prognosi, non basterà solo avere a disposizione dati ma anche strumenti di AI più evoluti (ad esempio per la segmentazione precisa di video di TAC , la elaborazione multimodale di dati visuali e genomici..) che ora sono un forte argomento di ricerca scientifica. Si pensi ad es. al lavoro del 2021 con modelli self-supervisionati di *unfolding* delle proteine ottenuto da AlphaFold di OpenAI, considerato unanimemente uno dei più grandi risultati della tecnologia a servizio della medicina moderna. Anche in questo ambito servono investimenti notevoli, oltre che normative legate

alle responsabilità degli esperti e delle infrastrutture e una collaborazione tra queste e i ricercatori per portare in produzione modelli prototipali. Un esempio che si spera potrà incidere nel futuro dell'AI applicata alla sanità è il progetto PNRR Fit4Medrob di recente approvazione, coordinato dal CNR e a cui partecipa anche UNIMORE, che si rivolgerà alla diffusione della robotica intelligente riabilitativa.

Quando si parla di sostenibilità se ne devono citare anche gli aspetti problematici evidenti, che sono temi di discussione sia tecnologica che normativa. Un aspetto banale è la attuale insostenibilità energetica dei modelli di apprendimento automatico, ancor troppo rudimentali e che necessitano un immane consumo di energia, sia in fase di *training* sia in caso di uso massivo anche nella fase di inferenza. I modelli di NLP ora recentemente sviluppati come *Foundation models* quali BERT o GPT-3 sono ora adottati ovunque (anche ad es. da Google nel motore di ricerca interrogato da miliardi di utenti sul pianeta ogni giorno). L'enorme tempo e consumo per addestramento di tali sistemi sui supercalcolatori dedicati (giornate o mesi di calcoli su decine di migliaia di GPUs) è davvero solo una percentuale: Google afferma che rappresenta solo un 10% di consumi, rispetto ai consumi dovuti all'operatività giornaliera dell'AI. Questo è certo un tema in cui la ricerca scientifica dovrà dare risposta per permettere un uso sostenibile in futuro di tali modelli. Infine la sostenibilità passa anche nella accettazione sociale di tali strumenti ed in questo la comunità Europea ha un ruolo centrale. Accettazione sociale non si riferisce solo a soluzioni che permetteranno di comprendere rischi e benefici in modo consapevole, ad esempio con una informazione adeguata sulla AI generativa che produce "fake data" ma anche supporta la creazione di *digital twin* di certa utilità sociale. Accettazione e consapevolezza si riferisce anche all'uso trasparente e

chiaro dei sistemi di AI in ambiti che interagiscono con i dati personali, quali quelli bancari, assicurativi e finanziari (si veda ad es. il progetto che Prometeia sta portando avanti anche in collaborazione con UNIMORE sull' "AI validation" e sulla Generazione di dati finanziari). Anche in questi ambiti, la multidisciplinarietà delle soluzioni, la necessaria compenetrazione tra competenze informatiche e di dominio, la formazione sull'AI anche post-laurea sono e saranno in futuro gli elementi vincenti per rendere anche l'Italia un paese dove si ricerca e si produce Intelligenza Artificiale, per le imprese, il lavoro e la società.

5. Conclusioni

Non ci sono conclusioni sull'avanzamento della tecnologia informatica per l'Intelligenza Artificiale e per la sua adozione capillare in tutti i settori prioritari della nostra società.

Per affrontare un futuro tecnologico ma sostenibile nel nostro paese, per le imprese e le industrie di produzione, per il lavoro dei singoli e per le infrastrutture sociali esistono alcuni ingredienti necessari: la formazione, la ricerca, la consapevolezza e la assenza di pregiudizi aprioristici e la curiosità intellettuale. Questi ingredienti non sono sufficienti e devono essere corroborati da investimenti continui per la transizione digitale delle aziende, per la coesione sociale evitando la fuga di cervelli tecnologici, e per collaborazioni pubblico-private per traguardare la ricerca e i sistemi di AI di oggi in un domani incerto ma sicuramente permeato da sistemi intelligenti interagenti e cooperanti con gli esseri umani con l'ambiente.