



ASSOCIAZIONE BLOCKCHAIN ITALIA

Associazione Blockchain Italia
Tavolo di Lavoro IA*
20 ottobre 2025

TAVOLO TECNICO DI STUDIO SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE RELAZIONE FINALE DEI LAVORI (edizione 2024)

Redattori

(in ordine alfabetico)

Raffaella Aghemo, Massimo Romano

Abstract

Il Tavolo di Lavoro sull'Intelligenza Artificiale, attivo nel 2024 presso l'Associazione Blockchain Italia, ha analizzato le sinergie tra AI e blockchain, tecnologie rivoluzionarie ma ontologicamente differenti. Dalla comparazione dei loro punti di forza e debolezza emergono complementarità significative: la blockchain offre trasparenza, sicurezza e governance decentralizzata; l'AI fornisce automazione, analisi predittiva e adattabilità. Le iniziative sperimentali, come l'hackathon promosso da AWS e Unstoppable Domains, mostrano l'interesse crescente verso applicazioni ibride. Il Tavolo ha approfondito anche la distinzione tra modelli deterministici e probabilistici, evidenziando l'importanza dell'Apprendimento Federato e della Computazione Multi-Party per una data governance sicura. Le riflessioni conclusive, ispirate a Maxim Orlovsky, propongono la blockchain come "scrittura" per l'evoluzione dell'IA, capace di garantirne fiducia e persistenza. In prospettiva, AI e blockchain appaiono destinate a un'integrazione virtuosa, dove l'effetto di apprendimento dell'una e l'effetto di rete dell'altra si rafforzano reciprocamente, delineando un futuro tecnologico etico, efficiente e collaborativo.

* Il Tavolo di lavoro "IA" è stato costituito a marzo 2024 e ha visto la partecipazione di 29 Associati.



Sommario

Abstract	1
Introduzione.....	1
Pro e contro di DLT e AI.....	2
Iniziative sul campo.....	5
Tecnologie deterministiche e probabilistiche	6
Concludendo.....	7

Introduzione

Questo documento è frutto di un lavoro coordinato ed interdisciplinare, avviato nel marzo 2024 in seno all'Associazione Blockchain Italia e conclusosi nel dicembre dello stesso anno, relativo all'analisi e alle riflessioni sulla possibile connessione delle due tecnologie, la tecnologia algoritmica dell'Intelligenza Artificiale e la tecnologia blockchain. La presente iniziativa ha visto il coinvolgimento di un gruppo di professionisti, sia di formazione sia prettamente giuridica che squisitamente tecnologica, proprio per avviare un confronto su un tema così attuale.

Il tavolo ha preso il via da un **sondaggio** che è stato diffuso tra i partecipanti durante la sessione iniziale e nel quale occorre segnalare i pregi e i difetti delle singole tecnologie, delle DLT e dell'IA.

Facciamo una dovuta premessa: entrambe le tecnologie prendono il via dai cosiddetti algoritmi, ovvero quel procedimento informatico che risolve un dato problema con una serie finita di steps: quando l'istanza di un problema è perfettamente nota, si hanno tre principali classi di algoritmi. La prima classe è costituita da **algoritmi esatti**, cioè algoritmi che restituiscono soluzioni ottime per il problema dato. Ove questo non sia possibile, si ricorre ai cosiddetti **algoritmi di approssimazione**. Quando invece, gli algoritmi di approssimazione non forniscono alcuna garanzia teorica sulla qualità della soluzione, sono detti **algoritmi euristici**.

«Algoritmi esatti, di approssimazione ed euristici possono essere deterministici o stocastici. Un algoritmo esatto/di approssimazione deterministico restituisce una soluzione esatta/approssimata con probabilità 1. Invece, un algoritmo esatto/di approssimazione stocastico restituisce una soluzione esatta/approssimata con



*una certa probabilità inferiore ad 1.»**

La blockchain (DLT – *Distributed Ledger Technology*) e l'intelligenza artificiale (AI – *Artificial Intelligence*) sono due tra le tecnologie più rivoluzionarie del nostro tempo. Mentre la prima si concentra specialmente sull'**open execution** – ossia sull'esecuzione indipendente, deterministica e decentralizzata di programmi condivisi dalle parti[†] e sulla sicurezza dei dati, la seconda punta sull'automazione e l'**elaborazione intelligente** delle informazioni. Il confronto tra le due mette in luce vantaggi e limiti distintivi.

Pro e contro di DLT e AI

Durante i lavori del Tavolo IA, è stato molto istruttivo per tutti i partecipanti leggere i diversi punti di confronto emersi dal **sondaggio di kick-off**. Le differenze di opinione e le diverse linee di ragionamento, dovute probabilmente al differente approccio legale o tecnico, hanno senza dubbio arricchito tutti.

A valle dei report ricevuti, sono emersi alcuni punti di contatto che vedevano ripetersi determinati **pregi e difetti** di entrambe le tecnologie e che sono stati utilizzati come buon punto di partenza per la discussione svolte in tutte le successive sessioni di lavoro.

Troviamo utile riportare qui di seguito un riepilogo delle risposte ricevute.

Punti di forza

DLT (Distributed Ledger Technology)

1. **Trasparenza e immutabilità.** La blockchain garantisce la open execution, la trasparenza delle transazioni e la loro immutabilità, riducendo così i rischi di frode e corruzione. Ad esempio, nella gestione delle catene di approvvigionamento, la blockchain, se applicata con specifici presidi e a determinate condizioni[‡], può tracciare ogni fase di un prodotto, garantendo autenticità e riducendo il rischio di contraffazioni.

* N. GATTI, *Algoritmi, facciamo chiarezza sui diversi tipi*, disponibile su www.agendadigitale.eu.

† V. K. SALAH, E. DAMIANI, A. AL-FUQAHA, T. MARTIN, K. TAHA, M. KHAN., 2018. *Open Execution-The Blockchain Model*, disponibile su <https://www.researchgate.net/>.

‡ L'Associazione Blockchain Italia ha pubblicato nel 2022 un *white paper* divulgativo dal titolo «*Blockchain in the agrifood sector: From storytelling to fact-checking up to new economic models*» (*selected papers SIEA 2022 in Food Economy*, ed. Franco Angeli, Vol. 25 No. 2, 2023), disponibile anche su www.associazioneblockchain.it.



2. Decentralizzazione. La blockchain non richiede un'autorità centrale, eliminando intermediari e riducendo i costi di transazione. Questa caratteristica è particolarmente vantaggiosa nel contesto della gestione dei diritti digitali e della proprietà intellettuale dove la tecnologia può essere utilizzata per monitorare e compensare l'uso di contenuti protetti da *copyright*.
3. Sicurezza. Grazie alla sua struttura decentralizzata e alla crittografia, la blockchain è altamente sicura e resistente a manipolazioni. È considerata ideale per applicazioni in settori sensibili come la finanza e la governance. In questo contesto, le tecnologie blockchain si prestano naturalmente a modelli di governance policentrica, in cui diversi attori e livelli decisionali mantengono autonomia operativa pur coordinandosi nella gestione condivisa delle risorse⁵.

AI (Artificial Intelligence)

1. Gestione dei Big Data. L'IA è estremamente efficace nella gestione e analisi di grandi volumi di dati, permettendo l'estrazione di *insight* preziosi che possono guidare decisioni aziendali e migliorare l'efficienza operativa.
2. Automazione ed efficienza. L'IA può automatizzare processi complessi riducendo i costi operativi e aumentando la produttività. Ad esempio, nell'analisi delle transazioni finanziarie, l'AI può identificare rapidamente *pattern* anomali aiutando a prevenire attività fraudolente.
3. Adattabilità e apprendimento. I sistemi di IA, attraverso tecniche di apprendimento automatico, possono migliorare continuamente le loro prestazioni, adattandosi a nuove informazioni e condizioni operative.

Punti di debolezza

DLT (Distributed Ledger Technology)

1. Costo dell'infrastruttura. La gestione di una rete decentralizzata può essere onerosa in termini di risorse e consumo energetico. I processi di convalida delle transazioni sulla blockchain, come il *mining*, possono richiedere grandi quantità di energia, sollevando preoccupazioni ambientali.

⁵ Vedi in tema di governance distribuita (policentrica), H. TIFFANY MORRISON *et al.*, *Building blocks of polycentric governance*, 23 gen. 2023, disponibile su <https://doi.org/10.1111/psj.12492>; H. SCOTT, *Polycentric Governance: When Is It Good?*, disponibile su sesync.org/resources/.



2. Regolamentazione e adozione. L'inquadramento giuridico della blockchain è ancora in evoluzione, e la mancanza di standard globali può ostacolare la sua adozione diffusa. Inoltre, l'integrazione della Blockchain in settori tradizionali può incontrare resistenze dovute alla complessità tecnologica e alla necessità di un cambio di paradigma.
3. Limitati casi d'uso pratici. L'adozione della blockchain è ancora ostacolata da difficoltà culturali che rallentano l'adozione di nuovi modelli organizzativi e collaborativi, prerogativa di questa tecnologia.
4. Lentezza dell'output. A differenza dell'AI, la blockchain può risultare più lenta nei processi di validazione.
5. Scalabilità e velocità. Le Blockchain ad accesso pubblico o pubblicamente accessibili, in particolare, possono avere problemi di scalabilità e velocità di transazione, limitando la loro applicabilità su larga scala.
6. Problemi di trasparenza dei dati. Sebbene sia *open*, la blockchain non garantisce sempre la totale chiarezza sull'origine e attendibilità dei dati.

AI (Artificial Intelligence)

1. Black-box effect. Il funzionamento interno degli algoritmi di AI non è sempre comprensibile riducendone, quindi, la trasparenza. Una delle principali critiche all'AI è la sua natura di "scatola nera", dove le decisioni prese dagli algoritmi non sono sempre trasparenti o spiegabili, creando problemi di fiducia e responsabilità. È pur vero che, nel campo della ricerca si sta approfondendo sempre più lo studio della XAI (Explainable AI), che si pone l'obiettivo di scoprire metodi in grado di fornire agli esseri umani la capacità di "supervisione intellettuale" degli algoritmi di intelligenza artificiale al fine di renderli più comprensibili e trasparenti^{**}.
2. Indeterminismo. Due input simili possono generare output diversi, creando incertezza nei risultati, sebbene anche due input del tutto identici possano generare output distinti in un modello AI per via di componenti non deterministici nel processo di inferenza (es.: il parallelismo ottimizzato durante l'esecuzione di calcoli nelle GPU non garantisce lo stesso

^{**} Vedi alla voce Explainable artificial intelligence disponibile su <https://en.wikipedia.org>.



ordine di calcolo ad ogni esecuzione).

3. Dipendenza dai dati. L'efficacia dell'AI dipende fortemente dalla qualità e quantità dei dati disponibili. Problemi di qualità dei dati o *bias* nei dataset possono portare a risultati inaccurati o discriminatori.
4. Bias e pregiudizi. L'AI è sensibile alla qualità dei dati con cui viene addestrata («Garbage In, Garbage Out»). Un modello addestrato con dati di bassa qualità restituisce informazioni poco attendibili.
5. Impossibilità di risalire ai dati di training. Spesso non è possibile determinare quali dati abbiano influenzato una specifica decisione dell'AI.
6. Problemi etici. L'uso dell'AI solleva questioni morali, come nel caso delle decisioni delle auto a guida autonoma.
7. Rischi etici e di copyright: l'uso dell'IA, soprattutto nei settori creativi, solleva questioni etiche e legali riguardanti il copyright e la proprietà intellettuale. L'assenza di strumenti efficaci per tracciare l'uso dei dati di formazione dei modelli IA può portare a violazioni del diritto d'autore, complicando ulteriormente il quadro normativo.
8. Costo elevato di addestramento. L'allenamento di modelli AI avanzati è estremamente dispendioso in termini di tempo ed energia.

Iniziative sul campo

Nel corso del lavoro del Tavolo AI, sono stati portati all'attenzione dei partecipanti una serie di esempi sulla proficua collaborazione delle due tecnologie. Diverse realtà si sono impegnate per farle coesistere insieme proprio per poter minimizzare i difetti di entrambe e massimizzare le loro potenzialità.

La stessa Amazon ha promosso un'iniziativa per l'integrazione di AI e blockchain, per la precisione un vero e proprio hackaton che metteva in palio come premi finali ben 190.000 dollari. L'iniziativa è nata dalla collaborazione tra Unstoppable Domains con il coinvolgimento di Amazon Web Services al fine di sfruttare il potere collaborativo delle capacità di cloud computing di AWS e delle soluzioni di identità digitale basate su blockchain di Unstoppable Domains, per incoraggiare gli sviluppatori a creare applicazioni web3 e AI innovative, che sfruttino la sicurezza e la trasparenza della blockchain,



esplorando al contempo il potenziale dell'identità digitale Web3.

Ai vincitori sarebbe garantito l'accesso a risorse premium per portare avanti le loro idee ed iniziative. I progetti, e quindi i premi, dell'hackaton hanno previsto tre percorsi distinti:

- strumenti basati sull'intelligenza artificiale,
- risoluzione ed esperienza dell'utente, ed
- identità digitale.

Determinismo, probabilità e apprendimento federato

Rimanendo ancorati all'input iniziale su pro e contro delle DLT e dell'IA, il Consigliere Massimo Romano ha giustamente sollevato una questione tecnica che spiega più approfonditamente la differenza tra tecnologie deterministiche e probabilistiche:

«Nei modelli deterministici le conoscenze dei dati sono note con certezza a priori. Questo tipo di modelli presuppone una sorta di semplificazione della realtà e le conclusioni a cui arrivano possono poi essere estese a casi probabilistici. I modelli statici affrontano il sistema ed il processo decisionale che ne consegue in un'unica fase temporale. I secondi (stocastico deriva dal greco e significa "dovuto al caso", "aleatorio") hanno come informazioni in ingresso grandezze aleatorie e includono quindi una probabilità assegnata oppure ignota. I modelli dinamici affrontano il sistema attraverso diverse fasi temporali, che in genere sono ampie. La differenza fra i due modelli è data dalla variabilità dei dati di input»

In questo contesto una classe di tecnologie degne di nota è rappresentata dall'**Apprendimento Federato** (in inglese *Federated Learning*). Essa costituisce un paradigma emergente nell'ambito dell'addestramento collaborativo e distribuito dei modelli di intelligenza artificiale, in cui l'elaborazione dei dati avviene in prossimità della fonte, ovvero nello stesso sistema informativo dell'owner dei dati. Dal sistema locale fuoriescono esclusivamente dati aggregati, in modelli AI altrettanto opachi, che perdono quindi il connotato di dato sensibile. Tale approccio consente di preservare la riservatezza dei dati personali, evitando il loro trasferimento, la loro duplicazione o centralizzazione e riducendo significativamente il rischio di esposizione incontrollato. Rende in questo modo possibile l'accesso e l'utilizzo di dati che, per ragioni normative, etiche o di sicurezza,



risulterebbero altrimenti inaccessibili, ampliando così la base informativa disponibile per l'addestramento dei modelli. L'Apprendimento Federato permette quindi la costruzione di modelli predittivi più accurati, grazie all'uso di dati puntuali altrimenti inaccessibili, presenti in differenti sistemi informativi, secondo metodologie di aggregazione anonima.

L'integrazione dell'Apprendimento Federato con tecnologie blockchain e con meccanismi di Computazione Anonima Distribuita (*Anonymous Distributed Computing*), quali la *Secure Multi-Party Computation* (SMPC), consente di istituire un sistema di data governance robusta, caratterizzato da un controllo deterministico dei flussi di dati impiegati per l'addestramento oltre a fornire integrità e non ripudiabilità delle operazioni. La blockchain può assolvere infine anche alla funzione di registro distribuito per la documentazione immutabile dei contributi apportati da ogni nodo al processo di training, oltre a permettere il controllo e la validazione delle condizioni di partecipazione attraverso l'impiego di programmi (*smart contract*) condivisi dalle parti. La SMPC, dal canto suo, permette l'elaborazione congiunta di dati sensibili tra più parti senza che alcuna di esse debba rivelare le proprie informazioni puntuali, rafforzando in questo modo ulteriormente i presidi di sicurezza e riservatezza nel processo.

Concludendo

Maxim Orlovsky, esperto di intelligenza artificiale^{††}, ha spiegato, in modo estremamente efficace, che la blockchain può essere per l'AI quello che la scrittura è stata per la storia dell'uomo. La scrittura ha modificato i concetti in termini di persistenza e di consenso. Con persistenza si intende la loro staticità nel tempo, cioè l'invariabilità di quanto scritto nonostante il susseguirsi generazionale; con il termine consenso, invece, si indica la riconducibilità ad un unico significato per tutti coloro che si trovano ad interpretare quanto scritto. Queste due caratteristiche della scrittura rimandano ai concetti di immutabilità e fiducia caratterizzanti della blockchain. L'incorruttibilità dei dati inseriti è garanzia per impedire la modifica delle informazioni a posteriori, mentre il meccanismo di trust sottopone i blocchi all'osservazione attiva da parte di tutti i componenti della rete.

Sempre Orlovsky, in un altro suo approfondimento^{††} spiega:

^{††} M. ORLOVSKY, *How Blockchain Relates to Artificial Intelligence?*, disponibile su www.medium.com.

^{††} IDEM, *World decentralized AI on blockchain with cognitive mining and open markets for data and algorithms — Pandora Boxchain*, 2017, disponibile su www.medium.com.



*«Affrontando brevemente l'evoluzione dell'IA, potremmo paragonarla all'evoluzione dell'intelligenza umana. In termini di architetture cognitive, la società umana è una forma di sistema multi-agente, in cui ogni "agente" è indipendente e intelligente (beh, almeno rispetto ai sistemi fisici), e la comunicazione tra agenti è necessaria per la loro evoluzione nel suo complesso. Un ruolo cruciale nell'evoluzione dell'intelligenza umana è stato svolto dall'adozione del linguaggio scritto (è lì che è iniziata la storia). In termini di informatica, il linguaggio scritto consente comunicazioni che combinano persistenza e consenso. Il consenso significa che ogni agente riceve lo stesso senso di un segnale degli altri. [...] La persistenza significa che il senso non diminuisce con il tempo. [...] Un'altra somiglianza è che in qualsiasi sistema multi-agente del mondo reale, gli agenti comunicanti non possono fidarsi l'uno dell'altro: i genomi che trasferiscono il DNA potrebbero essere "ingannati" da virus e batteri; le cellule che comunicano chimicamente dai parassiti; la società umana dai plagiari e dai populist. Quindi il punto non è solo comunicare ed estrarre lo stesso senso dalle comunicazioni; non solo persistere con informazioni e contesto, ma anche essere in grado di farlo in un ambiente senza fiducia. Come vedi, tutto questo è perfettamente adatto alla blockchain. Quindi, ecco svelato il nostro segreto principale: **la blockchain farà per l'IA multi-agente la stessa cosa che il linguaggio scritto ha fatto per gli umani; dovrebbe fornire mezzi di evoluzione accelerata verso IA umane e sovrumane**»*

Vanno infine evidenziati due studi di particolare interesse per le discussioni svolte sul Tavolo AI:

1. Lo studio sull'Intelligenza delle Piante di Stefano Mancuso che spiega come l'intelligenza delle piante derivi da una struttura distribuita, ridondante e resiliente di radici, foglie e altri parti che prendono decisioni in maniera decentralizzata, similmente alle tecnologie blockchain.
2. Ricerche in neurolinguistica evidenziano come le aree specifiche del linguaggio nel cervello umano possano aver avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'intelligenza umana. Sembra quindi che l'intelligenza derivi dalle capacità linguistiche di un soggetto.

Come si può leggere in un passo del Report AI e Blockchain SIF 2020 dell'Università Ca' Foscari di



Venezia:

«[...] entrambe perseguono l'obiettivo dell'efficienza e dell'interoperabilità, ma mentre l'IA si focalizza su quelli della centralizzazione e internalizzazione, la Blockchain si focalizza su quelli opposti della, rispettivamente, decentralizzazione ed esternalizzazione. L'aspettativa, quindi, è che le due tecnologie risultino alla fine complementari, piuttosto che alternative. Se grazie alla Blockchain si possono risolvere alcune criticità dell'IA come, ad esempio, aumentare l'accessibilità alla capacità computazionale in cloud creando un mercato decentralizzato basato su smart contract, grazie all'IA si possono risolvere alcune criticità della Blockchain. La progettazione e il funzionamento della Blockchain richiede infatti un numero elevato di decisioni a diversi livelli; l'IA può rendere possibile l'efficientamento di tali decisioni grazie alla possibilità di automatizzare l'elaborazione delle informazioni e prevedere scenari futuri per ottimizzare le prestazioni complessive. Per quanto la Blockchain possa garantire livelli di privacy elevati, non è inattaccabile e può subire furti di dati. Grazie alle caratteristiche dell'IA, la Blockchain integrata con un sistema di apprendimento automatico può essere in grado di rilevare e prevenire gli attacchi alla sicurezza. Infine, le possibilità di applicare capacità predittiva dell'IA può permettere di identificare picchi nelle transazioni per prevenire la latenza della rete e consentire quindi transazioni più veloci (Dinh and Thai, 2018; Corea, 2018). Alla fine, l'aspettativa è che il ricorso a entrambe le tecnologie possa permettere di risolvere (quasi) tutte le tensioni caratterizzanti le strategie tecnologiche "generiche" e, forse, anche quelli caratterizzanti le strategie competitive "generiche"»

L'effetto di apprendimento (*learning effect*), che consiste nel miglioramento progressivo dell'accuratezza dei sistemi AI con l'aumentare dei dati disponibili, può essere significativamente amplificato dall'effetto di rete (*network effect*) tipico delle tecnologie di reti decentralizzate. A titolo esemplificativo si cita il motore di ricerca Google che ha avuto successo globale grazie all'apprendimento ed etichettatura di pagine web (*learning effect*) accessibili su scala mondiale (*network effect*).



Possiamo quindi avanzare l'idea che l'intelligenza artificiale sta al *learning effect*, per quanto riguarda la capacità di apprendere, così come le tecnologie blockchain stanno al *network effect*, per quanto riguarda la capacità di governo e controllo deterministico di flussi informativi.

Le tecnologie hanno differenze tali da consentirne una proficua collaborazione, pur mantenendo ferma la rispettiva operatività nei diversi ambiti di competenza, in quanto, la distinzione ontologica emersa in sede di dibattito e discussione, ha fatto emergere un quadro senz'altro utile per il futuro.

Come giustamente sottolineato da Oliver Brocchi:

«L'integrazione di IA e blockchain non riguarda solo l'avanzamento tecnologico; riguarda l'impatto trasformativo sulle vite umane. Mentre queste innovazioni offrono opportunità emozionanti, richiedono anche un'attenta considerazione delle loro ramificazioni per garantire un futuro tecnologico equo e giusto».