

DnA Platform – NFT & AI per la Scienza Decentralizzata

Autenticità, tracciabilità e valore dei contenuti scientifici

La piattaforma vuole essere un ecosistema innovativo che integra blockchain, NFT e intelligenza artificiale con l'obiettivo di trasformare contenuti scientifici in asset digitali unici e tracciabili.

Il lavoro si fonda su tre pilastri: sviluppo smart contract in Solidity, frontend in Next.js e infrastruttura backend/eventi.



La Sfida Attuale

Scarsa Protezione Intellettuale

I contenuti scientifici sono spesso distribuiti senza un sistema chiaro di riconoscimento e tutela, rendendoli vulnerabili al plagio e alla manipolazione.

Mancanza di Tracciabilità

L'assenza di un sistema robusto impedisce il tracciamento efficace della proprietà e della provenienza dei lavori scientifici.

Processi Lenti e Opachi

I meccanismi tradizionali di pubblicazione e revisione sono lenti e mancano di trasparenza, rallentando la diffusione della conoscenza.

Nell'attuale ecosistema, i contenuti scientifici vengono distribuiti attraverso canali centralizzati, senza un sistema chiaro di riconoscimento. La blockchain entra come risposta tecnologica a queste criticità, portando immutabilità, autenticità e decentralizzazione.

La Missione di DnA

1

Contenuti come NFT

Trasformare i contenuti scientifici in Non-Fungible Tokens per garantirne unicità e autenticità digitale.

2

Mercato Trasparente

Abilitare un marketplace decentralizzato per la compravendita di questi asset, garantendo equità e trasparenza.

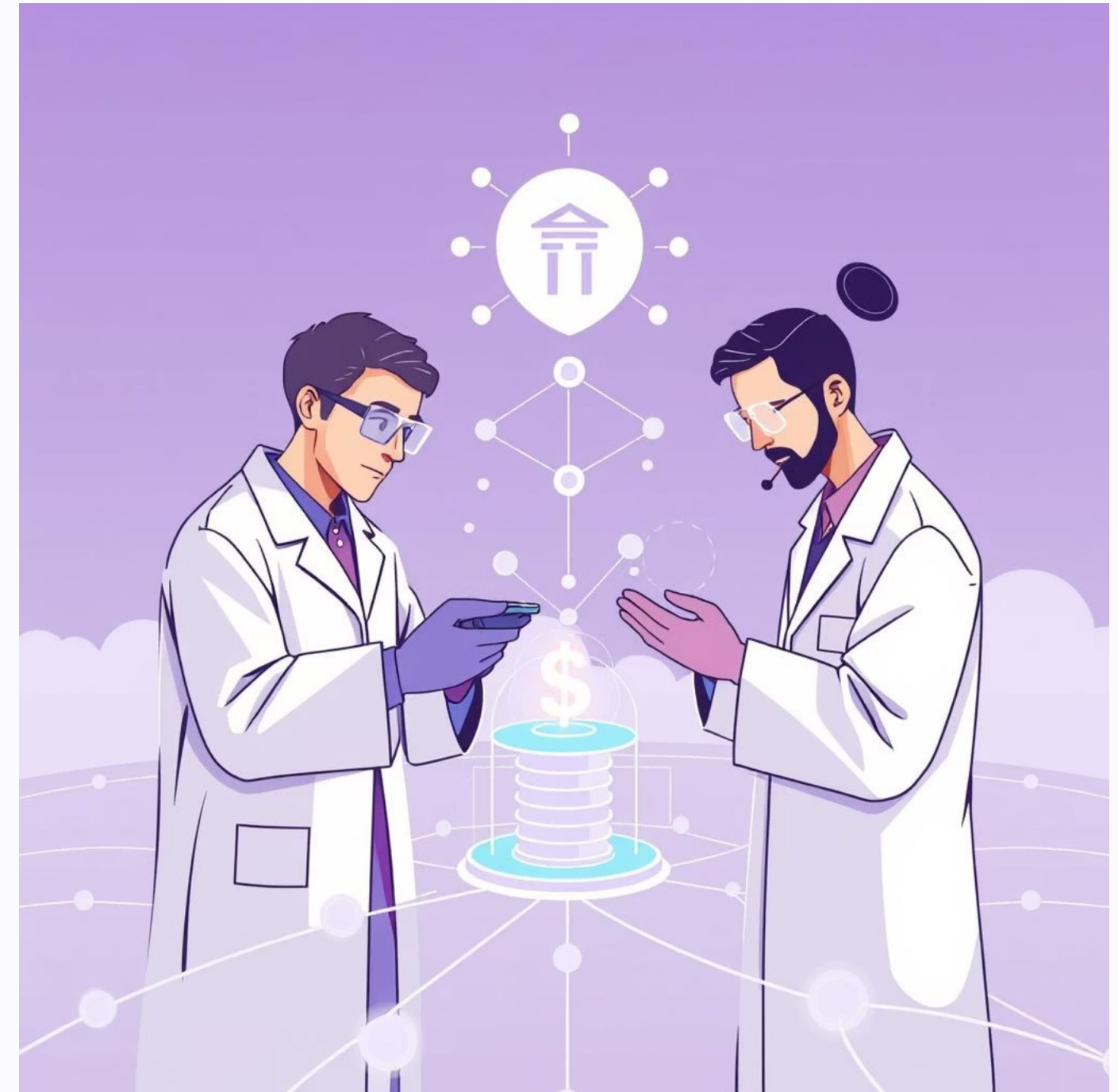
3

Accesso Esclusivo e Community

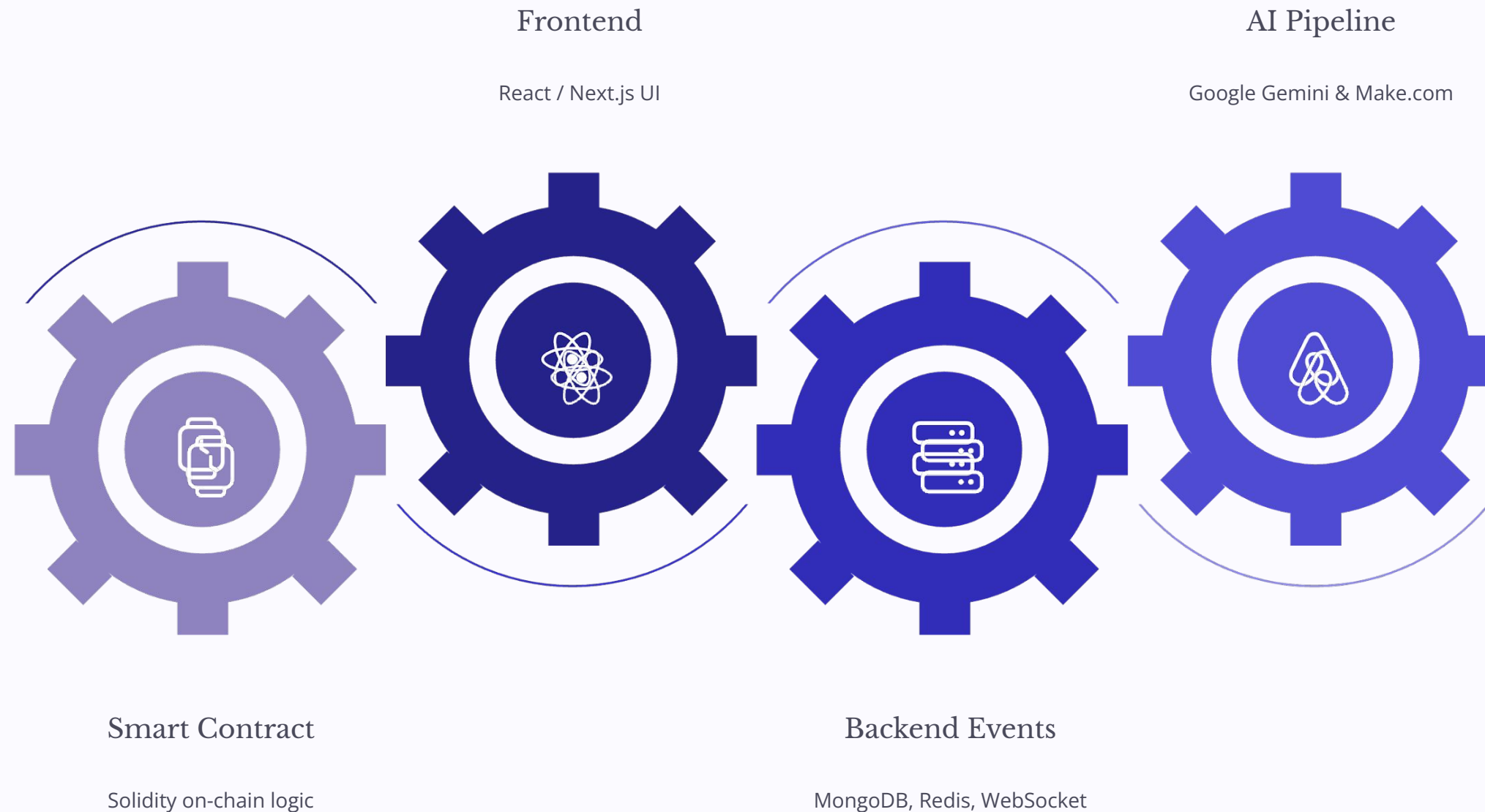
Offrire accesso a materiali esclusivi e creare vantaggi per una community scientifica incentivata e coinvolta.

DnA non è “solo un archivio digitale”; I contenuti scientifici tokenizzati diventano autentici, rari e commercializzabili, gli autori acquisiscono un ritorno economico diretto e la proprietà intellettuale è certificata on-chain.

Gli utenti, invece, accedono ad articoli esclusivi e possono scambiare NFT come veri asset collezionabili. In prospettiva, questo sistema crea una comunità scientifica più unita e stimolata, con meccanismi anche di governance decentralizzata.



Architettura Generale: Modularità e Scalabilità



L'architettura segue un approccio modulare, separando la logica on-chain da quella off-chain per migliorare sicurezza e scalabilità.

La blockchain gestisce funzioni critiche, mentre l'infrastruttura off-chain assicura reattività e una user experience fluida.

L'integrazione AI automatizza i processi decisionali.

Smart Contract: La Spina Dorsale Decentralizzata



ERC-721 Standard

Garantisce piena compatibilità con l'ecosistema Ethereum per NFT di contenuti scientifici.



Royalties Automatiche

Prevede una distribuzione equa e automatica dei proventi agli autori, incentivando la creazione di contenuti di qualità.



Randomicità Verificabile

Chainlink VRF introduce elementi di unicità e collezionabilità nei contenuti scientifici tokenizzati.

I contratti, deployati sulla rete di Test L2 Arbitrum Sepolia, sono stati strutturati in modo modulare: un Registry per registrare i contenuti, un NFT contract per il minting, e un contratto Marketplace per la compravendita diretta e le aste.

Core Contracts: Registry e NFT

ScientificContentRegistry

- Registro di contenuti con hash unici per autenticità.
- Whitelist per autori, garantendo qualità e verifica.
- Contatore per le copie disponibili di ogni NFT.

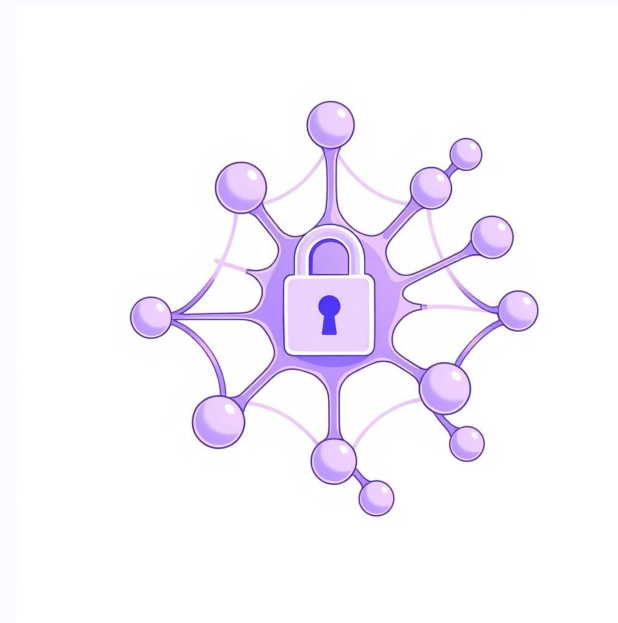


Smart contract alla base del sistema: ogni autore accreditato in whiteList crea il proprio contenuto definendo titolo, descrizione, IPFS link e massimo numero di copie NFT.

Gli eventi emessi dal contract formano il “registro storico” on-chain degli asset scientifici unici.

ScientificContentNFT

- Minting gestito via VRF per "contenuti speciali".
- Sincronizzazione automatica con il Registry per il conteggio delle copie.
- Metadata URI definiti su IPFS per decentralizzazione e immutabilità.



Durante il minting, una chiamata a Chainlink VRF introduce randomicità verificabile, che consente la generazione di “contenuti speciali” con probabilità definita per aggiungere valore collezionistico.

Marketplace e Aste: Commercio Scientifico Decentralizzato

Vendita a Prezzo Fisso

Gli autori possono listare i loro NFT scientifici a un prezzo stabilito, consentendo acquisti diretti e immediati.

Aste Trasparenti

Gli utenti possono partecipare ad aste competitive, con rimborso automatico per i non vincitori, garantendo equità.

Estensibilità Modulare

L'architettura del contratto permette l'aggiunta futura di altri modelli d'asta (olandesi, inglesi) per maggiore flessibilità.

Al termine di un asta l’NFT viene trasferito al miglior offerente e i concorrenti rimborsati automaticamente.

TuttiIn VenditaIn Asta

Token ID	Titolo	Anteprima	Stato / Prezzo	Speciale	Azioni
1	Gravitational Wave Detection: A Novel Approach Using Quantum Entanglement This paper explores a groundbreaking method...		In Wallet		<div>Vendi / Asta</div> <div>Indirizzo</div> <div>Trasferisci</div>

Sicurezza e Robustezza: Principi nel Core Logico

Per garantire la massima affidabilità e resilienza, l'architettura on-chain della DnA Platform è stata progettata applicando rigorosi pattern di sicurezza, fondamentali per la gestione di asset digitali di valore.

Programmazione Difensiva e Validazione degli Stati

Per prevenire l'esecuzione di logica su dati inesistenti o inconsistenti ed ottimizzare il consumo di gas, ogni funzione critica esegue una validazione preliminare per assicurarsi che lo stato su cui opera sia valido e attivo.



Mitigazione della Reentrancy:

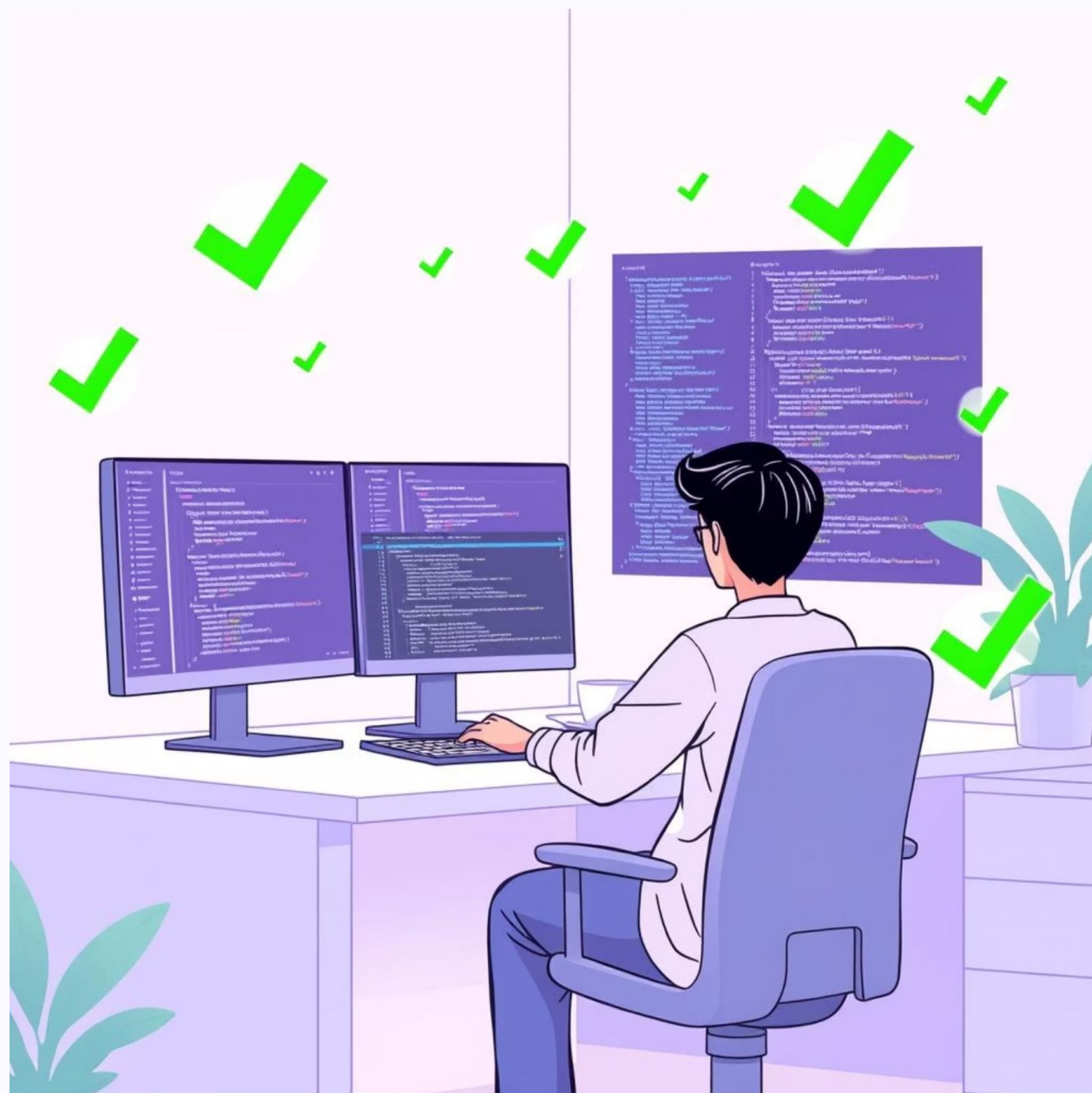
"Checks-Effects-Interactions"

Per neutralizzare gli attacchi di Reentrancy, lo stato del contratto viene aggiornato (Effects) prima di qualsiasi interazione con contratti esterni o trasferimenti di valore (Interactions).

Meccanismi di Locking per l'Integrità delle Transazioni

Per garantire che una funzione non possa essere richiamata prima che la sua esecuzione precedente sia terminata e' stato esteso l'uso del modificatore OpenZeppelin "nonReentrant" tutte le funzioni che gestiscono flussi di valore.

Testing e Qualità: Robustezza e Sicurezza



Oltre 80 Test Hardhat

Eseguiti con successo per validare ogni funzionalità e interazione della piattaforma.

Atomicità e VRF Testing

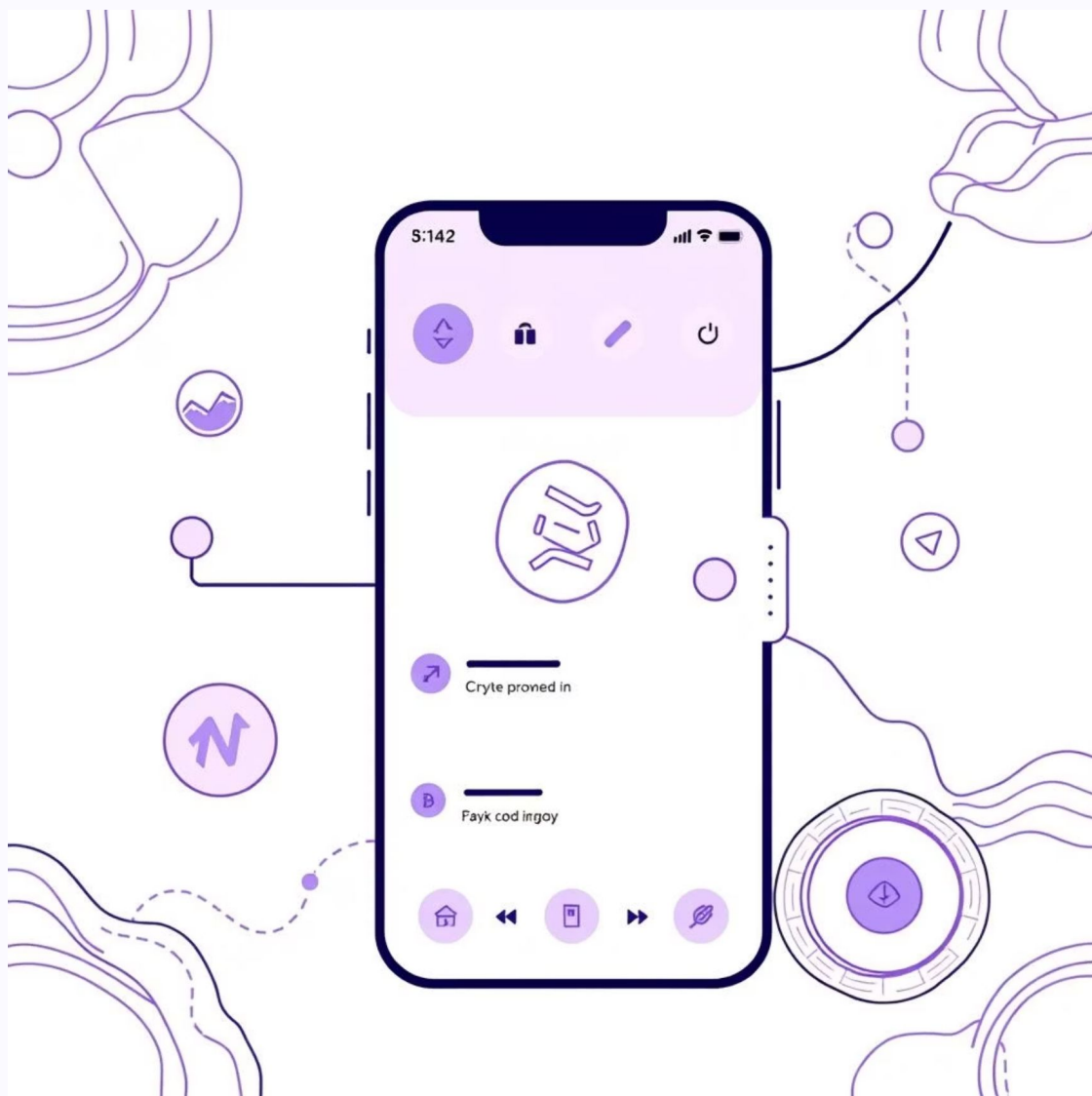
Verifica dell'atomicità delle operazioni di minting e del corretto funzionamento di Chainlink VRF.

Copertura Edge Cases

Test su scenari limite e condizioni eccezionali per prevenire errori e garantire resilienza.

L'ampia suite di test, condotta con Hardhat, Mocha e Chai, assicura la robustezza della logica e riduce significativamente i rischi di bug, fondamentale per la sicurezza di una piattaforma blockchain.

Frontend dApp e User Experience



→ Next.js, React, TypeScript, Tailwind

Stack tecnologico moderno per una UI/UX fluida e reattiva, con gestione semplificata dello stile.

→ RainbowKit e Wagmi

Integrazione affidabile con i wallet crypto (es. MetaMask) per connessioni sicure e immediate.

→ Pagine Dinamiche per Ruolo

L'interfaccia si adatta automaticamente ai diversi ruoli utente (Standard, Autore, Admin), mostrando solo le funzionalità pertinenti.

La dApp è stata costruita con Next.js e React, con attenzione alla chiarezza e reattività della UI. Tailwind semplifica la gestione dello stile, rendendo l'interfaccia modulare e coerente. RainbowKit + Wagmi gestiscono in maniera affidabile l'integrazione con i wallet (MetaMask).

La navigazione si adatta automaticamente in base al ruolo utente (es. admin vede admin panel, autore vede content creation). Questa personalizzazione rende l'esperienza efficace e ordinata.

Esperienza Utente Intuitiva e Ruoli Definiti

Utente Standard

Acquista e gestisce i propri NFT, esplora il Marketplace

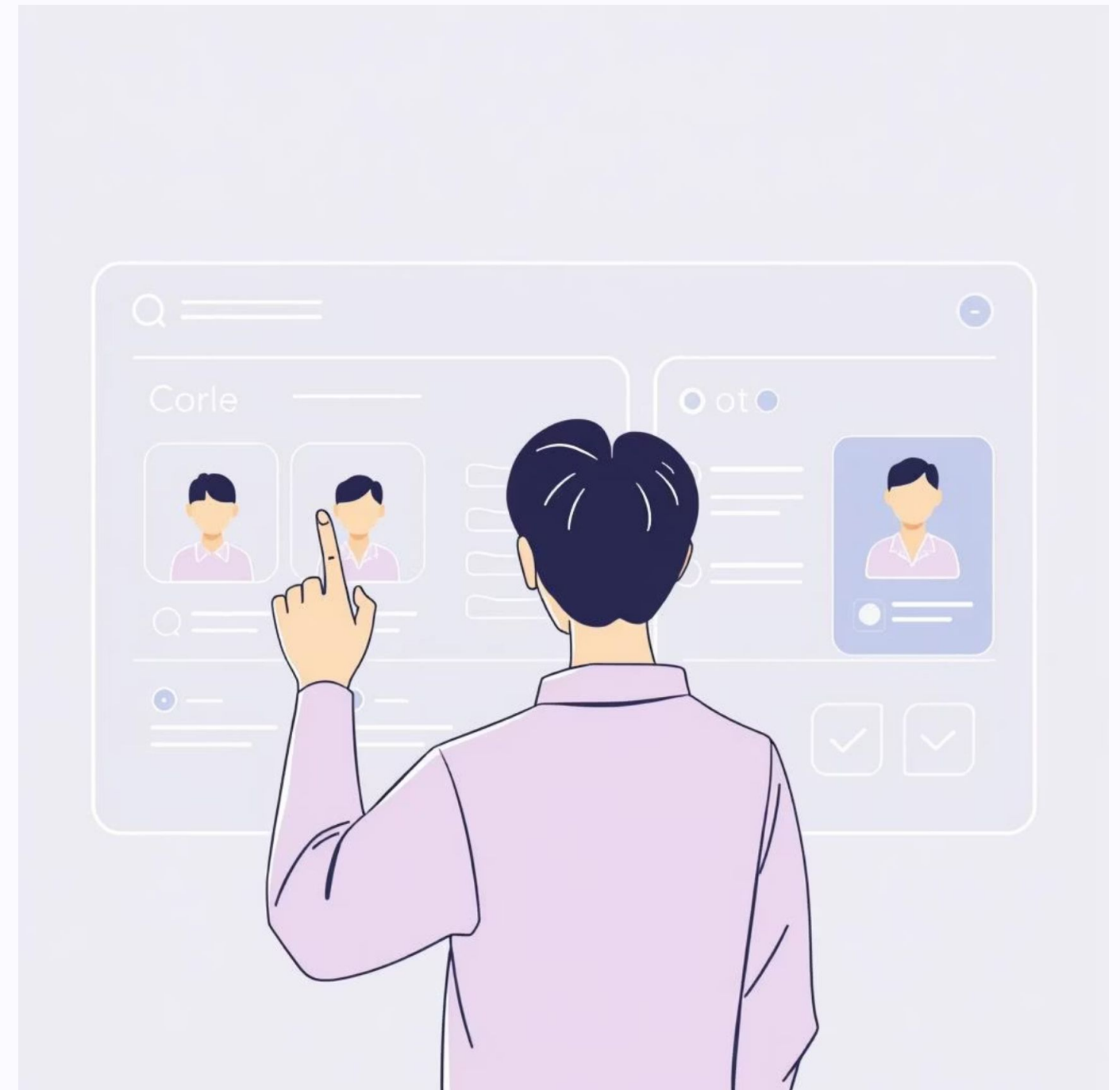
Autore

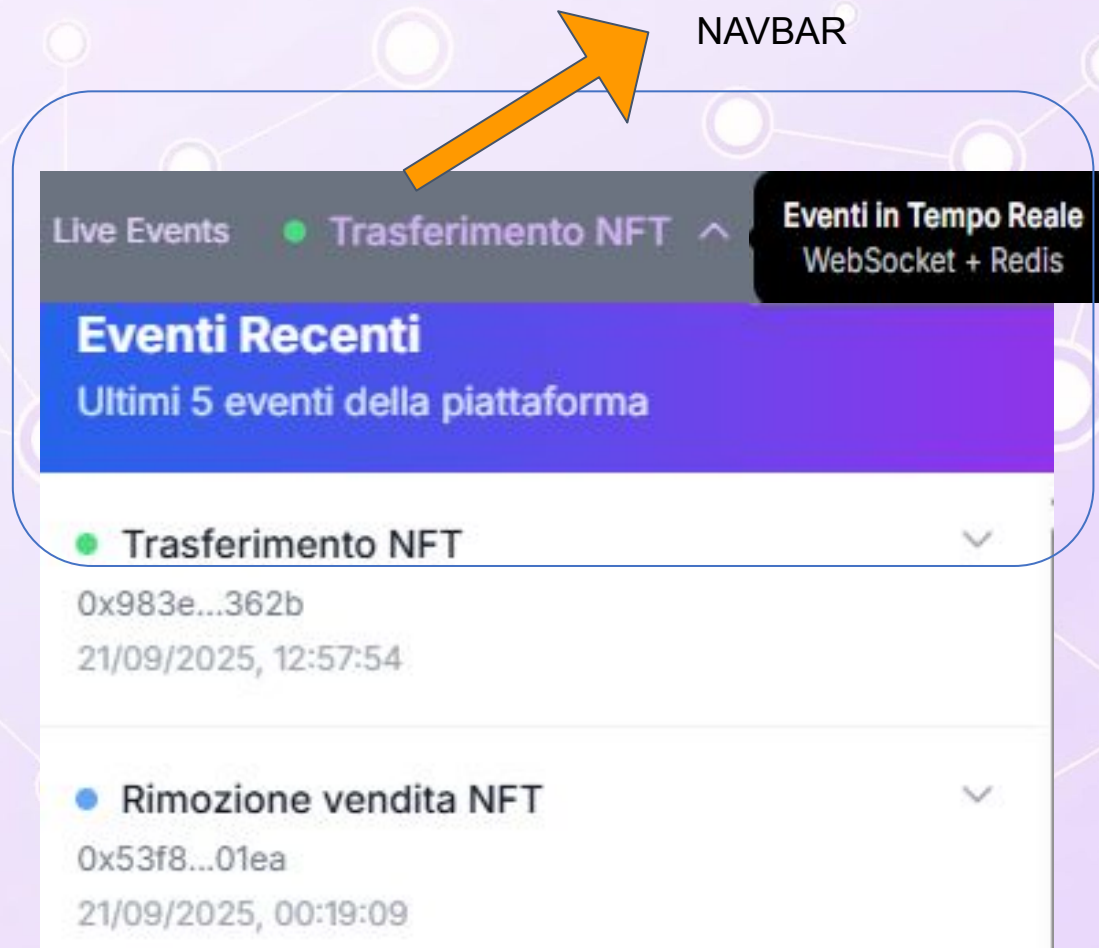
Registra contenuti, lancia minting di NFT scientifici.

Amministratore

Supervisiona whitelist e controlla le commissioni.

L'interfaccia si adatta al ruolo: un utente standard potrà acquistare e gestire i propri NFT, un autore registrare contenuti e lanciare minting, un admin supervisionare whitelist e ritirare le fee accumulate nei contratti. L'utente può eseguire un Report delle azioni eseguite in Dapp.





Event Monitoring System: Feedback Istantaneo

Per superare il problema della latenza nelle dApp, DnA implementa un sistema di monitoraggio eventi a doppia corsia, garantendo reattività e coerenza.

Corsia Veloce (Fast Lane)



MongoDB Change Streams, Redis Pub/Sub e WebSocket per notifiche in tempo reale sullo stato delle transazioni. Si usa il servizio gratuito di <https://upstash.com/>



Corsia Lenta (Slow Lane)

Un listener Python scansiona periodicamente la blockchain per aggiornare eventi eventualmente trascurati, garantendo completezza.

L'intero sistema è containerizzato con Docker e deployato su servizio Fly.io, una piattaforma flessibile e performante. I servizi vitali per la reattività del feed (MongoDB Change Streams, Redis, WebSocket Server) sono estremamente leggeri e possono rimanere "always-on" con un consumo minimo di risorse, spesso rientrando nei piani gratuiti ; Lo Slow Listener", che è più intensivo per via della scansione dei blocchi specie su L2 arbitrum per analizzare gli eventi sui contratti, richiede risorse; per restare nel free tier, seppur funzionante, è stato disattivato ma riattivabile in produzione cio' garantisce piena tracciabilità Tx

AI Whitelisting Autori: Processo Automatizzato

L'onboarding degli autori è automatizzato tramite una pipeline efficiente, riducendo drasticamente i tempi di verifica e il lavoro manuale.

1

Form Autore

Compilazione da parte dell'autore.

2

[Make.com](#) Orchestrazione

Invio dati a Google Gemini AI.

3

Google Gemini AI

Valuta credenziali accademiche e produce un punteggio.



CANDIDATURA APPROVATA!

Score IA: 95/100

Commento IA: Forte candidato con una solida esperienza accademica, una biografia dettagliata e pubblicazioni verificabili. L'affiliazione istituzionale è ben definita. Il punteggio è leggermente inferiore al massimo a causa della mancanza di informazioni specifiche sulle competenze relative ai marketplace NFT, anche se la sua esperienza in ambito tecnologico e accademico è molto rilevante.



REVISIONE MANUALE RICHIESTA

Score IA: 75/100

Commento IA: La candidata possiede un background accademico credibile nell'area pertinente, con un'affiliazione istituzionale valida. La sua biografia, sebbene non estesa come richiesto (è leggermente inferiore a 200 caratteri), descrive un'esperienza rilevante. La mancanza di pubblicazioni formali e di un profilo LinkedIn penalizza il punteggio. Una biografia più completa e l'aggiunta di un profilo LinkedIn migliorerebbero significativamente la valutazione.



CANDIDATURA RIFIUTATA

Score IA: 20/100

Commento IA: La biografia è troppo breve e non fornisce informazioni rilevanti sull'esperienza o sulle competenze. Non ha un background accademico credibile né un'affiliazione istituzionale.

Un punteggio ≥ 80 porta all'approvazione automatica, tra 60-79 a revisione manuale, < 60 al rifiuto automatico con motivazioni.

Automazione On-Chain & Sicurezza delle Chiavi



Approvazione AI → Whitelist Automatica

L'inserimento on-chain avviene automaticamente dopo l'approvazione dell'AI, firmando una transazione amministrativa verso lo smart contract.

Crittografia Chiavi Admin

Per sicurezza, la chiave privata è cifrata con AES-256-GCM e decifrata solo in memoria temporanea, poi eliminata. Questo approccio è ottimale per contesti demo/accademici.

In produzione, si ricorrerebbe a soluzioni più robuste come HSM (Hardware Security Modules) o firme multisig.



Ruoli & Access Control con OpenZeppelin

La gestione dei ruoli è affidata al robusto framework AccessControl di OpenZeppelin, garantendo un controllo granulare e sicuro.



Admin

Privilegi completi per la gestione della piattaforma.



Author

Capacità di registrare e coniare contenuti.



Standard User

Accesso per l'acquisto e la gestione di NFT.

Modalità Audit Coach

inclusa una "Audit Coach Mode" tramite middleware: l'esaminatore può inserire una passphrase segreta per attribuirsi temporaneamente privilegi completi. Questo permette al coach di testare tutte le funzionalità senza limitazioni. È un trade-off utile per la valutazione e l'audit

Incentivo alla Partecipazione: Token di Governance DnA



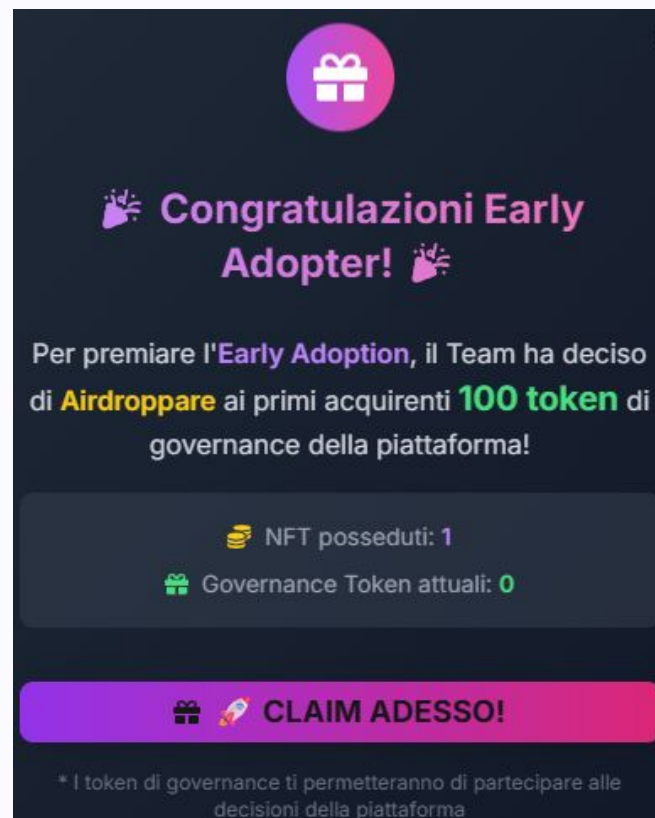
Claim Automatico: 100 Token DNA

Al primo acquisto di un NFT, ogni nuovo utente può reclamare 100 token ERC20 di governance DNA tramite airdrop. Questo incentiva l'interazione iniziale e stimola l'engagement.

Verso la DAO Governance

Questi token saranno la base per un futuro sistema DAO, conferendo agli utenti voce nelle decisioni della piattaforma e rafforzando la decentralizzazione.

La partecipazione attiva è premiata, creando una comunità scientifica più democratica e impegnata.



Misure di Sicurezza Avanzate

La piattaforma DnA è costruita con una forte enfasi sulla sicurezza, integrando le migliori pratiche blockchain per proteggere le operazioni e i dati.

Atomicità Operazioni

Le operazioni critiche sono atomiche: un fallimento annulla l'intera transazione.

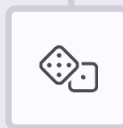


Prevenzione Reentrancy

Utilizzo di `nonReentrant` sulle funzioni critiche per prevenire attacchi comuni.

Gestione Chiavi Sicura

Crittografia AES-256-GCM per le chiavi amministrative, decifrate solo in memoria temporanea necessarie ad esempio per implementare la modalita' Audit Coach



Randomicità VRF

Gestione sicura della randomicità tramite VRF esterno di Chainlink, garantendo equità e non manipolabilità.

Questo design modulare facilita futuri upgrade di sicurezza, mantenendo la piattaforma resiliente contro minacce emergent.

Esperienza Utente Intuitiva e Ruoli Definiti

Tecnologie Utilizzate

Frontend:

Next.js, Tailwind, TypeScript

Ai/automation:

Google Gemini API + Make.com

Blockchain:

Solidity, Hardhat, Viem

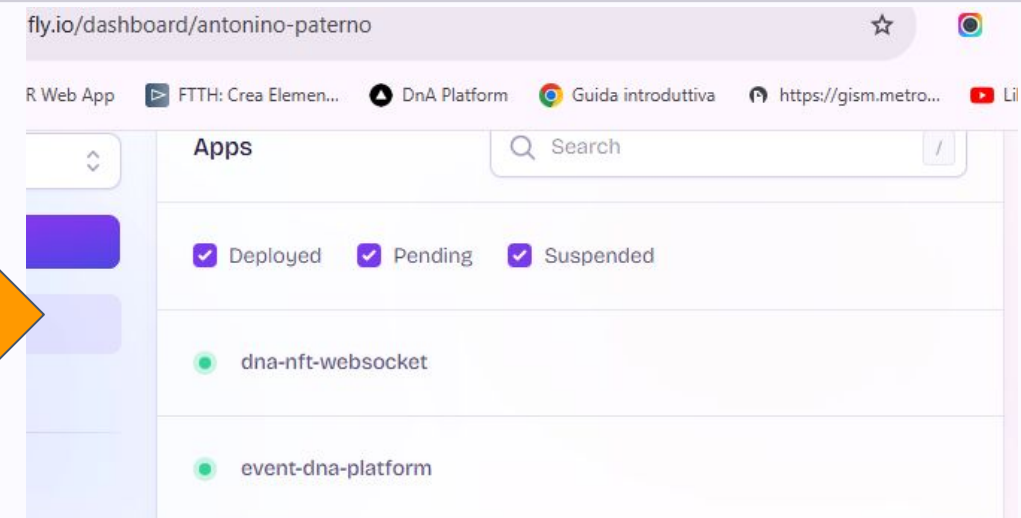
Data:

MongoDB, Redis, Python Listener

Infrastrutture & servizi:

Vercel + Fly.io + upstash.com

2 container Docker in
esecuzione su Fly.io per gli
script Python listener eventi



Si e' fatto uso di tecnologie all'avanguardia per ogni livello. Next.js 14 con Tailwind assicura UX fluida; Solidity e OpenZeppelin portano affidabilità e standard su blockchain; VRF di Chainlink garantisce equità. MongoDB (con ChangeStreams) e Redis (pub/sub) hanno reso possibile il feed real-time. Fly.io e Vercel hanno ospitato i servizi. Make.com ha gestito orchestrazione AI. Cio' ha permesso di realizzare un ecosistema sinergico dove ogni strumento risolve un preciso problema tecnologico.

Visione Futura: Un Ecosistema di Ricerca Decentralizzato

La piattaforma DnA oggi è un marketplace funzionale per NFT scientifici, ma la sua visione è molto più ambiziosa.

Oggi

- NFT scientifici autenticati on-chain.
- Marketplace sicuro e funzionante.
- Trasparenza e immutabilità.



Futuro

- Governance DAO per decisioni comunitarie.
- Reputazione decentralizzata per gli autori.
- Integrazione con database accademici certificati

L'obiettivo è costruire un nuovo ecosistema digitale della ricerca scientifica: trasparente, incentivato e decentralizzato.

Repository GITHUB:

<https://github.com/antopat1/dna-platform>

Deploy URL:

<https://platform-dna.vercel.app/>