### UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI

**FACULTATEA DE MATEMATICĂ ȘI INFORMATICĂ**

**SPECIALIZAREA INFORMATICĂ**

**Lucrare de disertație**

# FRAGMENTAREA ÎN TOKENS FOLOSIND TEHNOLOGIA BLOCKCHAIN

### Absolvent

### Runceanu Ștefania-Daria

**Coordonator științific**

**Conf. Dr. Olimid Ruxandra**

**București, iunie 2025**

#### Rezumat

!! De completat la final

#### Abstract

1 [Introducere 4](#_Toc199947187)

[1.1 Privire de ansamblu 5](#_Toc199947188)

[1.2 Motivație 6](#_Toc199947189)

[1.3 Soluții software existente 7](#_Toc199947190)

[1.4 Arhitectura aplicației dezvoltate 8](#_Toc199947191)

[1.5 Tehnologii utilizate 9](#_Toc199947192)

2 [Smart Contracts 10](#_Toc199947193)

[2.1 Procesul de tokenizare al bunurilor 10](#_Toc199947194)

Referințe.....................................................................................................................................................12

Anexa 1: [Caracteristicile tehnologiilor utilizate 13](#_Toc199947195)

# Introducere

Prezenta lucrare descrie funcționalitățile și modul de implementare al unei aplicații ce își propune să ofere o soluție de actualitate pentru interacțiunea cu bunurile digitale, prin utilizarea de tokens, pe orice blockchain care este compatibil cu Ethereum Virtual Machine (EVM), permițând rularea aplicațiilor descentralizate (dApps) și a contractelor inteligente implementate în Solidity.

În acest context, bunurile digitale reprezintă transpunerea bunurilor din viața reală, precum: imobilele, operele de artă, operele literale, într-o reprezentare informatică pe un blockchain. Acest proces poartă denumirea de tokenizare și facilitează administrarea dreptului de proprietate asupra respectivului bun, conform reglementărilor legislative specifice.

Tehnologia emergentă care face posibil procesul de tokenizare descris anterior propune o nouă paradigmă, ce poate fi privită din două perspective: atât la nivel tehnologic (prin utilizarea de noi instrumente și tehnologii), cât și conceptual (familiarizarea cu un nou tip de bunuri și cu modul de gestionare al acestora).

Lucrarea este structurată în patru capitole, ultimul dintre acestea este dedicat concluziilor. Primul capitol, Introducere, abordează concepte generale despre tehnologia blockchain și procesul de tokenizare al bunurilor și oferă o privire de ansamblu asupra arhitecturii aplicației și a tehnologiilor utilizate pentru implementarea acesteia. În cel de-al doilea capitol, Smart Contracts, sunt prezentate pe scurt noțiunea de smart contract și procesul de tokenizare, elementul central este reprezentat de caracterizarea contractelor utilizate de aplicație, precum și modul de implementare al acestora. Capitolul al treilea, Particularități de implementare, este dedicat prezentării modulelor backend și frontend (proiectarea și implementarea lor), alături de interacțiunea acestora cu smart contracts definite în capitolul anterior. La finalul lucrării sunt expuse concluziile cu privire la aplicația dezvoltată, împreună cu direcțiile viitoare ale tezei prezentate, care vizează extinderea funcționalităților existente.

## Privire de ansamblu

La aproape 20 de ani de la prima implementare blockchain, utilizată la scară largă, (Bitcoin, lansat în anii 2008-2009 de persoana sau grupul de persoane din spatele pseudonimului Satoshi Nakamoto) [1] și la 10 ani de la apariția Ethereum (lansat de Ethereum Foundation în anii 2014-2015) [2], această tehnologia este prezentă într-o multitudine de domenii, grație caracteristicilor sale: transparență, descentralizare, securitate. Bariera pe care blockchain își propune să o elimine este cea a autorității centrale, privită ca unica sursă de încredere în ceea ce privește, de exemplu, tranzacțiile bancare. Cu ajutorul criptografiei și al elementelor informatice și de securitate, blockchain reușește să creeze un mediu digital distribuit și sigur, rezistent la operațiuni neautorizate.

Domeniul financiar-bancar, care asociază imediat noțiunea de criptomonedă cu tehnologia blockchain, este unul dintre cele mai populare, dar nu și singurul. Câteva dintre ariile care se alătură domeniului anterior menționat, în care tehnologia blockchain este prezentă în moduri adaptate scenariilor caracteristice lor, sunt: sănătatea (unul dintre cele mai cunoscute scenarii de utilizare în acest domeniu este cel al stocării și partajării datelor medicale ale pacienților între instituțiile autorizate, într-un mod sigur și facil), administrația publică (pentru automatizarea unor procese specifice, dar și pentru crearea unui sistem de vot transparent și rezistent la fraudă), industria jocurilor (deținerea în mod transparent a caracterelor și introducerea de recompense sub forma unor tokens), educația (un prim posibil scenariu de utilizare este reprezentat de emiterea diplomelor sau a certificatelor de absolvire sub forma unor resurse reprezentate pe blockchain, pentru a reduce riscul de falsificare al acestora) și sectorul energetic (prin stocarea sub formă de tokens a certificatelor verzi, dar și prin automatizarea unor contracte între furnizorii de energie și clienții lor).

Cu toate acestea, capabilitățile blockchain sunt în continuă explorare și oferă o serie de noi oportunități de cercetare și integrare. Una dintre aceste direcții este cea a proprietății digitale [3], care aduce o serie considerabilă de beneficii, printre care se numără: accesibilitatea globală - se pot deține bunuri localizate oriunde, fără a fi necesară prezența fizică a cumpărătorului la procesul de achiziție - eficientizarea timpului necesar obținerii proprietății asupra unui bun fizic și reducerea constrângerilor în ceea ce privește disponibilitatea părților implicate, îmbunătățirea transparenței și a securității - facilitează verificarea dreptului de proprietate prin intermediul registrului transparent stocat pe blockchain.

## Motivație

În prezent, obținerea dreptului la proprietate este un proces ce necesită implicarea a foarte multe resurse, cum ar fi: resursa umană, resursele logistice și mai ales timpul. Problema reală ridicată de un astfel de transfer este că, deși se implică toate aceste resurse, tot apar o serie de erori în valorificarea dreptului de proprietate. Acestea pot genera un lanț întreg de transferuri viitoare problematice.

Prin digitalizarea procesului descris anterior, folosind tehnologia blockchain, consumul de resurse va scădea semnificativ, iar riscul asociat erorilor în transmiterea și/sau verificarea dreptului de proprietate se va diminua considerabil, datorită proprietății de imutabilitate oferită de blockchain.

Conceptul de token, care stă la baza acestei digitalizări, prin utilizarea sa în reprezentarea bunurilor pe un blockchain, a fost prezentat pentru prima dată în anul 2012 în articolul „The Second Bitcoin Whitepaper”. Acest articol descrie modul de creare al unui token stabil, cu ajutorul protocolului Mastercoin. Doi ani mai târziu, în anul 2014 a fost creat și un non-fungile token, numit Realcoin, cunoscut în prezent drept Tether. Cele două elemente prezentate, token-ul din 2012 și cel de-al doilea token, Realcoin, pot fi considerate primele implementări ale tokenizării în contextul asociat blockchain. [4]

Soluțiile oferite de această tehnologie emergentă au fost adoptate treptat de numeroase companii, guverne, dar și de utilizatorii persoane fizice. Conform unui studiu realizat de Forul Economic European (WEF) un procent considerabil din produsul intern brut (PIB) la nivel global va fi supus acestui proces de fragmentare în tokens și reprezentat în diferite blockchain-uri până în anul 2027. Evoluția pieței de tokenizare a bunurilor a cunoscut o direcție ascendentă în ultimii ani, iar elementele care stau la baza acestei creșteri sunt reprezentate de: implicarea sectorului energetic, a pieței imobiliare, dar și ale altor numeroase tipuri de bunuri. [4]

Potrivit tuturor celor mai sus descrise, această capabilitate oferită de blockchain este un subiect de actualitate, cu o complexitate ce reprezintă o tematică inovatoare de cercetare, atât în ceea ce privește modul de funcționare, cât și în aspectele legate de implementare. În plus, problemele bine cunoscute la care aduce rezolvare, printre care se numără: accesul dificil și imposibilitatea coproprietății asupra unor bunuri, costurile ridicate pentru tranzacțiile care implică o serie de intermediari (bănci, notari), barierele impuse de localizarea geografică a bunului față de cea a cumpărătorului sunt un alt aspect notabil.

## Soluții software existente

Modelul digital de reprezentare a bunurilor propus de blockchain dă naștere unei abordări tehnologice și conceptuale noi, deoarece permite fragmentarea, administrarea și tranzacționarea bunurilor într-un mod mai accesibil și eficient, în comparație cu metodele cunoscute anterior. În prezent, există o serie de aplicații software care demonstrează capacitățile acestui model, specializate pe bunuri caracteristice diferitelor domenii. Clasificate după domeniul în care sunt prezente, câteva dintre aceste aplicații sunt: RealT, Token Estate în domeniul imobiliar; Polymath, Tokeny – în domeniul financiar; Power Ledger în domeniul energiei; Artemundi, Artchain în domeniul artistic. [5]

O scurtă prezentare a caracteristicilor actuale ale unora dintre aplicațiile mai sus menționate este oferită în cele ce urmează:

* RealT este o platformă americană ce propune o soluție inovatoare în ceea ce privește tokenizarea bunurilor imobiliare, prin emiterea de tokens securizați pe blockchain-ul Ethereum. Fiecare astfel de token reprezintă o cotă-parte într-o societate cu răspundere limitată care este titulara dreptului de proprietate asupra bunului respectiv, iar veniturile provenite din chirii sunt distribuite periodic sub forma stablecoin-ului DAI, așa cum prezintă David Hoffman, directorul acestei platforme. [6]
* Tokeny reprezintă o soluție software specializată în procesul de tokenizare al bunurilor din instituțiile financiare, fondată în anul 2017. Aceasta oferă funcționalități precum: emiterea, gestionarea și transferul de bunuri digitale într-un mediu transparent și securizat. Conform documentației oficiale a acestei platforme, peste 120 de soluții au fost create cu succes, pe teritoriul a cinci continente. [7]
* Potrivit documentației oficiale (Power Ledger Whitepaper [8]), platforma oferă soluții personalizate pentru tranzacționarea descentralizată a energiei și a bunurilor de mediu, prin utilizarea de tokens numiți POWR (un token dezvoltat după standard-ul ERC 20 și care poate fi utilizat și în alte blockchain-uri publice) și Sparkz (un token stabil, asociat unei monede locale, și care este utilizat pentru tranzacționarea energiei). Acești tokens sunt dedicați aplicației și au fost creați printr-o soluție personalizată pe blockchain-ul Ethereum.
* Artemundi este o platformă de investiții în artă recunoscută la nivel global, care a integrat soluția de tokenizare a bunurilor din acest domeniu pentru a oferi utilizatorilor săi oportunitatea de a deține fracțiuni din opere de artă consacrate. Acest aspect era imposibil de realizat în tranzacțiile tradiționale. [9] O lucrare semnificativă fragmentată în tokens pe această platformă, cu sprijinul băncii Sygnum, este reprezentată de *Filette au béret*, operă realizată de Pablo Picasso. [10]

## Arhitectura aplicației dezvoltate

Aplicația descrisă în această lucrare este compusă din trei module, împărțite la nivel conceptual după cum urmează: baza este reprezentată de o aplicație web, formată din două module: backend și frontend; la care se adaugă modulul dedicat smart contracts și abilitatea modulelor dedicate backend și frontend de a interacționa cu acestea.

A diagram of software development

AI-generated content may be incorrect.

Figura 1.1 Arhitectura aplicației dezvoltate

Componentele descrise sub forma celor trei module anterior menționate și modul de interacțiune al acestora sunt ilustrate în Figura 1.1. Tokenization Application corespunde modului frontend și marchează interacțiunea cu utilizatorul; Application Programming Interface și Users Information Data Base alcătuiesc modulul backend, în timp ce Smart Contracts și Blockchain Network simulează acțiunile din ce de-al treilea modul al aplicației, modul responsabil de interacțiunea cu blockchain-ul.

Modulul backend este responsabil de stocarea datelor utilizatorului și este capabil să facă legătura între persoana reală și adresa din cadrul blockchain, în timp ce modulul frontend facilitează interacțiunea utilizatorului cu procesul de tokenizare și oferă funcționalități de login/singn up. Modulul corespunzător smart contracts este dedicat gestionării informațiilor despre dreptul la proprietate asociat unei adrese.

Funcționalitățile propuse de această soluție software sunt cele caracteristice unei aplicații de tokenizare a bunurilor, mai exact:

* primirea cererilor de transformare a bunurilor în tokens;
* aprobarea creării de tokens ca rezultat al verificării documentelor solicitate;
* crearea tranzacțiilor pe blockchain pentru reprezentarea bunurilor on chain.

Un element caracteristic aplicației propuse este acela că aceasta poate supune procesului de tokenizare o gamă variată de bunuri reale, nefiind specializată pe o anumită categorie, așa cum este întâlnit la cele mai multe aplicații similare.

## Tehnologii utilizate

Pentru implementarea aplicației descrise la punctul 1.4 au fost utilizate următoarele tehnologii: modulul backend a fost dezvoltat în limbajul de programare Rust (un limbaj popular în ceea ce privește soluțiile software care folosesc tehnologia blockchain), framework-ul Axum (pentru interacțiunea cu smart contracts) și o bază de date PostgreSQL (necesară pentru stocarea datelor despre utilizatori); modulul frontend a fost realizat cu ajutorul bibliotecii React a tehnologiei JavaScript, cu framework-ul Next.js (oferă integrarea cu biblioteci specifice blockchain, dar și compatibilitate cu backend-ul dezvoltat în Rust) și a librăriei dedicate Ant Design (asigură o interfață modernă și intuitivă utilizatorilor, prin multitudinea de componente UI).

Smart contracts au fost create în Solidity, pe blockchain-ul Ethereum, urmând standardul ERC20, dar căruia i-au fost adăugate funcționalități adaptate pentru a respecta politicile aferente și pentru a permite revendicarea profitului generat de bunurile asociate unei adrese.

Tehnologiile enumerate anterior și utilizate pentru implementarea soluției software propuse sunt prezentate detaliat în Anexa 1. Caracteristicile descrise în această anexă, alături de cazurile cele mai frecvente de utilizare și actualitatea acestora, motivează alegerea lor în dezvoltarea aplicației.

# Smart Contracts

În ceea ce privește tehnologia blockchain, aceasta poate fi descrisă ca un registru distribuit și imutabil de blocuri înlănțuite cu ajutorul criptografiei (un element esențial este reprezentat de funcțiile hash) și care stabilește o ordine bine definită a blocurilor și a tranzacțiilor prin protocoalele de consens utilizate. Datorită acestei arhitecturi, blockchain îndeplinește două proprietăți esențiale: descentralizarea (lanțul de blocuri este disponibil tuturor participanților din cadrul unui blockchain) și integritatea (asigurată, pe de o parte, de utilizarea criptografiei, iar, pe de altă parte, de imposibilitatea modificărilor tranzacțiilor efectuate). [11]

În contextul anterior, noțiunea de smart contract reprezintă o secvență de cod care se execută pe un blockchain. Smart contracts conțin o serie de acorduri stabilite între participanții din cadrul unui blockchain, iar executarea automată a codului acestora este declanșată la realizarea unor evenimente. Două elemente caracteristice acestor contracte sunt: starea contractului și valoarea acestuia. [12]

Blockchain-ul Ethereum este unul dintre cele mai utilizate pentru executarea contractelor complexe, cu ajutorul Ethereum Virtual Machine (EVM), care servește drept mediul de rulare al acestora.

## Procesul de tokenizare al bunurilor

Conceptul de tokenizare de bunuri pe un blockchain presupune reprezentarea acestor resurse concrete în format digital și permite implicarea lor în efectuarea tranzacțiilor. Elementul central al acestei proceduri este token-ul, al cărui proces de creare și gestionare este realizat prin intermediul smart contracts.

Token-ul, asociat de multe ori în mod eronat cu moneda aferentă unui blockchain

(folosită ca mijloc de schimb), reprezintă un bun digital generat odată cu crearea unei aplicații pe un blockchain deja existent. Acesta poate oferi o serie caracteristică de funcționalități, așa cum a fost definită în codul contractului. În comparație cu monedele, tokens nu sunt obținuți prin protocoalele de consens implementate de blockchain-ul în care sunt create. Datorită funcționalităților avansate ce pot fi definite cu ajutorul unor astfel de tokens, aceștia pot fi priviți drept principali contribuitori în inovația și extinderea utilizării acestei tehnologii emergente. [13]

Principalele categorii în care pot fi clasificați acești tokens sunt: fungible tokens și non-fungible tokens. Prima categorie de tokens menționată se caracterizează prin faptul că aceștia sunt identici în ceea ce privește valoarea lor și pot fi interschimbați cu tokens de același fel. Cea de-a doua categorie, cunoscută în terminologia blockchain ca NFT, este recunoscută pentru unicitatea reprezentării unui element pe un blockchain. Fiecare astfel de token deține propriile atribute și definește un tip unic în blockchain-ului. [14]

Pașii conceptuali ai acestui proces de transformare a unor bunuri reale, precum: opere de artă, acțiuni ale unei companii, instrumente financiare, imobile în bunuri digitale sunt următorii: [15]

* identificarea bunului ce urmează a fi fragmentat în tokens (acest pas implică, de asemenea, efectuarea unei evaluări a valorii bunului în cauză);
* realizarea unei structuri pentru tokens (ce fel de drepturi îi sunt asociate și ce caracteristici are);
* crearea de tokens anterior definiți (executarea unui smart contract în care sunt transpuse caracteristicile proiectate, precum și regulile legate de tranzacționarea și deținerea unui astfel de token);
* distribuirea de tokens către cumpărători (prin inițierea unui proces de distribuire);
* efectuarea tranzacțiilor cu tokens creați (accesibile, transparente și care reunesc categorii variate de investitori).

Cu toate că această transpunere digitală a bunurilor reale aduce o serie valoroasă de beneficii, printre care se numără: eficiența achizițiilor, facilitarea accesibilității, grad ridicat de transparență și securitate; provocările sunt, de asemenea prezente. Doua aspecte considerabile în acest sens sunt: procesul global de reglementare al utilizării de tokens, diferit de la stat la stat și rata de adopție a acestui tip de proprietate, care aduce cu sine nevoia de cunoaștere a modului general de funcționare al procesului de tokenizare și al gestionării acestui tip de bunuri.

1.https://www.researchgate.net/publication/340682224\_Bitcoin\_and\_Blockchain\_History\_and\_Current\_Applications

2. https://static.peng37.com/ethereum\_whitepaper\_laptop\_3.pdf

3. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10356196>

4. <https://ihodl.com/analytics/2021-09-29/asset-tokenization-throughout-history/>

5. <https://helalabs.com/blog/top-12-asset-tokenization-platform/>

6. <https://medium.com/%40TrustlessState/introducing-realt-tokenizing-real-estate-on-ethereum-9b8a995dc3fe>

7. <https://tokeny.com/>

8.https://cdn.prod.website-files.com/612e1d86b8aa434030a7da5c/612e1d86b8aa434027a7dd6d\_power-ledger-whitepaper.pdf

9. https://artemundi.com/fractional-ownership/

10.https://artemundi.com/artemundi-and-sygnum-bank-present-the-worlds-first-tokenization-of-a-picasso-listed-by-a-regulated-bank/

11. M. Di Pierro, "What Is the Blockchain?," in Computing in Science & Engineering, vol. 19, no. 5, pp. 92-95, 2017, doi: 10.1109/MCSE.2017.3421554.

12. Blockchain-Enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends Shuai Wang , Liwei Ouyang, Yong Yuan , Senior Member, IEEE, Xiaochun Ni, Xuan Han, and Fei-Yue Wang , Fellow, IEEE

13.https://cryptoforinnovation.org/how-do-coins-and-tokens-shape-the-crypto-ecosystem/

14. https://link.springer.com/article/10.1007/s41109-024-00682-8

15. [https://lew.ro/tokenizarea-activelor-din-lumea-reala-rwa-o-transformare-digitala-revolutionara/](https://lew.ro/tokenizarea-activelor-din-lumea-reala-rwa-o-transformare-digitala-revolutionara/?utm_source=chatgpt.com)

# Caracteristicile tehnologiilor utilizate

1. **Limbajul Rust**

Primii pași în dezvoltarea proiectului pentru limbajul de programare Rust au fost făcuți de Graydon Hoare (angajat în echipa de cercetare de la Mozilla, companie care a devenit ulterior sponsorul principal al creării limbajului). Dave Herman și Brendan Eich s-au alăturat acestui proiect. Prima versiune stabilă a fost lansată în anul 2015, urmată de o adopție semnificativă în rândul companiilor software. Printre acestea se numără: Amazon, Google, Meta și Microsoft. La 7 ani de la apariția primei versiuni stabile, în anul 2022, acest limbaj a fost recunoscut drept primul limbaj de programare (pe lângă limbajul C și assembly) utilizat pentru dezvoltarea kernelului sistemului de operare Linux.

Limbajul Rust este un limbaj de programare modern, cu scop general, ceea ce îl face potrivit pentru dezvoltarea unei game variate de aplicații din numeroase domenii (sisteme de operare, aplicații software de tip desktop și web, aplicații care utilizează tehnologia blockchain). Este caracterizat de un grad ridicat de control asupra memoriei, fără a compromite însă modul său facil de utilizare. De asemenea, este un limbaj a cărui performanță poate fi comparată cu cea a limbajului de programare C/C++, dar care propune un model mai sigur în ceea ce privește memoria. Siguranța este o altă caracteristică importantă, ce este asigurată prin: prevenirea erorilor legate de memorie, absența conflictelor de acces concurent la data, asocierea tipurilor de date.

Sintaxa acestui limbaj este asemănătoare cu cea a limbajului C/C++, dar are și influențe provenite din paradigma programării funcționale. Variabilele sunt imutabile, în mod implicit, dar pot fi convertite și în variabile mutabile. Un concept întâlnit în acest limbaj de programare este cel de suprascriere al variabilelor (variable shadowing), care oferă posibilitatea reutilizării unei variabile cu o valoare nouă, dar fără a fi nevoie să i se schimbe numele.

Un exemplu de blockchain care utilizează acest limbaj pentru dezvoltarea de smart

contracts este blockchain-ul Solana.

https://en.wikipedia.org/wiki/Rust\_(programming\_language)

1. **Framework-ul Axum**

Axum este un framework modern al limbajului Rust, dedicat dezvoltării aplicațiilor web. Caracteristicile principale ale acestui framework sunt: performanța (oferă suport pentru programare asincronă, ceea ce îmbunătățește gestionarea cererilor concurente), siguranța (prin utilizarea sistemului de tipuri al limbajului Rust, care previne unele erori comune) și modularitatea (construit din componente de dimensiune redusă, ce pot fi reutilizate cu ușurință).

Framework-ul oferă suport pentru WebSocket și REST (Representational State Transfer), ceea ce permite dezvoltarea de API-uri de acest tip, dar și de aplicații care folosesc conexiuni WebSocket.

Din caracteristicile avansate ale Axum fac parte: un mecanism de gestionare a erorilor simplu și ușor de prevăzut, parsarea în mod declarativ a cererilor, gestionarea cererilor printr-un API simplu, utilizarea ecosistemului Tower, ce îi oferă un mecanism middleware direct, responsabil pentru funcționalități precum: autorizare, înregistrarea evenimentelor și setarea de intervale timeout.

<https://docs.rs/axum/latest/axum/>

1. **PostgreSQL**

PostgreSQL este un sistem open source, de gestiune a bazelor de date relaționale, caracterizat de stabilitate, performanță și conformitate cu standardele SQL. Prima versiune a fost lansată în anul 1996 și este dezvoltat în limbajul C/C++.

Acesta oferă suport atât pentru modele relaționale simple, cât și pentru extensii ale modelelor orientate pe obiecte, prin definirea de tipuri de date personalizate. Mecanismul de indexare este unul avansat , ce utilizează B-tree. De asemenea, replicarea este o altă funcție avansată prezentă în acest sistem. O altă caracteristică notabilă este extensibilitatea, care oferă posibilitatea utilizării de module suplimentare, cum ar fi PostGIS (pentru lucrul cu date geografice).

PostgreSQL este utilizat în dezvoltarea aplicațiilor web ce necesită un grad ridicat de scalabilitate, pentru crearea de sisteme financiare și de comerț online, în aplicațiile ce utilizează tehnologia blockchain, ca un layer specific de date adiționale.

https://www.postgresql.org/, https://en.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL

1. **Biblioteca React și framework-ul Next.js**

React este o bibliotecă JavaScript, open source, utilizată în dezvoltarea interfețelor utilizator, care a fost lansată în anul 2013 și este întreținută în prezent de compania Meta, alături de o comunitate individuală formată din dezvoltatori și companii. Jordan Walke este inițiatorul acestui proiect. Framework reprezintă una dintre cele mai utilizate tehnologii pentru dezvoltarea componentelor frontend din ultimii ani.

Un avantaj principal al acestei bibliotecii se referă la mecanismul de reafișare (re-rendering) al părților componente ale unei pagini, care este declanșat doar pentru componentele care au fost supuse unor schimbări, fără a reafișa inutil restul de elemente nemodificate.

Câteva dintre tipurile de aplicații ce pot fi dezvoltate cu această bibliotecă sunt: aplicații single-page, aplicații mobile, aplicații web dinamice.

Principalele funcționalități oferite de librăria React sunt: utilizarea componentelor (o aplicație realizată cu ajutorul React este structurată în mai multe straturi de componente modulare, ce pot fi reutilizate în mod facil), paradigmă declarativă (dezvoltatorii definesc ce elemente trebuie afișate, nu și modul în care acest lucru se realizează), integrarea cu alte instrumente dedicate dezvoltării frontend (React Router, React Native), utilizarea universală, atât în partea de client (browser), cât și în partea de server (Server Side Rendering, prin utilizarea Next.js).

Next.js este un framework open source, dedicat dezvoltării aplicațiilor web, lansat în anul 2016, creat de compania Vercel. Acesta este implementat în JavaScript, TypeScript și Rust și are la bază biblioteca React. O serie de caracteristici ale Next.js sunt: mecanismul avansat de rendering în partea de server (SSR – Server Side Rendering), ce conduce la îmbunătățirea timpului de încărcare al paginilor unei aplicații; crearea automată a rutelor (sistemul de fișiere al proiectului frontend este utilizat drept sistem de creare a rutelor, fără a fi necesare configurări suplimentare); definirea de rute pentru module de tip backend direct din proiectul frontend).

<https://en.wikipedia.org/wiki/React_(software)> https://en.wikipedia.org/wiki/Next.js

1. **Biblioteca Ant Design**

Ant Design reprezintă o bibliotecă de componente React utilizate pentru dezvoltarea interfețelor utilizator ale aplicațiilor web complexe, cu standarde de scalabilitate și vizuale ridicate și care promovează productivitatea dezvoltării.

Printre caracteristicile principale ale acestei biblioteci se numără: dezvoltarea unui design bine structurat, oferirea unei game variate de componente UI, care pot fi personalizate cu ușurință, suportul pentru traducerea în diverse limbi a paginilor create, compatibilitatea cu TypeScript și integrarea facilă cu alte librării și framework-uri, cum ar fi: React și Next.js.

<https://ant>.design/docs/react/introduce

1. **Limbajul Solidity**

Solidity este un limbaj de programare de nivel înalt utilizat pentru dezvoltarea de smart contracts în cadrul blockchain-ului Ethereum, dar și în cadrul diferitelor blockchain-uri compatibile cu Ethereum Virtual Machine (EVM). A fost proiectat de Gavin Wood și oferit spre utilizare pentru prima dată în anul 2014 . Ulterior, proiectul a fost preluat de Ethereum și a fost dezvoltat de o echipă condusă de Christian Reitwiessner.

Sintaxa Solidity este foarte apropiată de ECMAScript, însă tipurile de date sunt statice, iar funcțiile pot returna mai multe tipuri de valori. Mecanismul de moștenire între contracte este existent. O propunere caracteristică acestui limbaj este reprezentată de introducerea unui ABI (Application Binary Interface), ce facilitează coexistența mai multor funcții type-safe în cadrul aceluiași smart contract, aspect nedezvoltat încă în alte limbaje utilizate pentru implementarea de smart contracts.

Un alt aspect inovator introdus de Solidity este funcționalitatea de a scrie specificații în limbaj natural, care servesc drept sursă de informare pentru documentarea clară și ușor de înțeles a rezultatului executării anumitor metode.

Exemple de platforme blockchain-uri care utilizează limbajul de programare Solidity sunt: Binance Smart Chain, Polygon, Tron, Counterparty, Ethereum.

În comparație cu Rust, care poate fi utilizat de mai multor platforme blockchain care oferă suport pentru WebAssembly, Solidity este specializat în utilizarea pe blockchain-uri compatibile cu EVM . https://en.wikipedia.org/wiki/Solidity