



NEZAMENJIVI TOKENI U DECENTRALIZOVANIM SISTEMIMA

NON-FUNGIBLE TOKENS IN DECENTRALIZED SYSTEMS

Dragan Dulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je arhitektura sistema pomoću kojeg se kreiraju nezamenjivi tokeni, koji omogućavaju dokazivanje vlasništva nad digitalnim predmetima. Takođe su opisani osnovni koncepti centralizovanih i decentralizovanih sistema i raznih blokčejn tehnologija na kojima se nezamenjivi tokeni zasnivaju.

Ključne reči: *Nezamenjivi tokeni, Centralizovani i Decentralizovani sistemi, Blokčejn, Ethereum*

Abstract – *In this work we describe an architecture of the system which is used to create non-fungible tokens, which enable proving the ownership of various digital objects. Also, we describe the basic concepts of centralized and decentralized systems and blockchain technologies on which non-fungible token are based.*

Keywords: *Non-fungible tokens, Centralized and Decentralized system, Blockchain, Ethereum.*

1. UVOD

Trenutno stanje u oblasti finansijskih institucija jeste da su u većoj ili manjoj meri centralizovane. To znači da pojedine korake i procedure može da radi samo jedan autoritet ili institucija, što može da predstavlja veliki problem u vidu poverenja i performansi. Tehnologija blokčejn kreće od pretpostavke da svi učesnici u sistemu imaju pravo da dobiju sve informacije i da učestvuju u svakom koraku donošenja odluka. To se radi upotrebom raznih konsenzus algoritama. Baza podataka u blokčejn tehnologiji je jednostruko povezana lista blokova koji sadrže transakcije.

Zahvaljujući blokčejnu i kriptovalutama pojavio se sasvim novi trend, a to je NFT. NFT je oznaka za nezamenjive tokene, koji se koriste da jedinstveno označe digitalnu imovinu.

2. TEORIJSKE OSNOVE

2.1 Centralizovani i decentralizovani sistemi

Ono što pravi najveću razliku između centralizovanih i decentralizovanih sistema je ustvari ko ima kontrolu nad tim sistemom. Centralizovanim sistemom upravlja samo jedan autoritet, koji ima potpunu kontrolu nad svim delovima sistema. Centralni autoritet upravlja svim podacima i dozvolama na sistemu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Goran Sladić.

Decentralizovani sistemi su organizovani na mnogo distribuiraniji način. Sistem mora da sadrži nekoliko nezavisnih mašina koje su povezane i pružaju neke resurse. Svaki čvor unutar sistema funkcioniše kao zasebno telo.

Centralizovani sistemi pružaju lakše upravljanje, što ih danas i dalje čini veoma zastupljenim. Efikasnost je jedna od glavnih prednosti centralizovanih sistema. Takođe, omogućavaju brzo implementiranje novih odluka, jer mali broj ljudi učestvuje u njihovom donošenju.

Kako je bezbednost korisnikovih podataka danas postala jedna od gorućih tema, to je upravo ono što čini najveći nedostatak centralizovanih sistema. Svi podaci su pod kontrolom jednog autoriteta, što čini ovaj sistem primamljivom metom za sajber napade, jer bi provaljivanje u ovakav sistem moglo da ugrozi sve podatke koji su pod kontrolom tog autoriteta [1].

Kako se procesorska snaga pojedinačnih uređaja raspoređenih po mreži znatno povećala, decentralizovani sistemi su postali sve privlačniji. Jedna od glavnih prednosti zašto se decentralizovani sistemi koriste je pouzdanost. Pošto svaki čvor unutar sistema funkcioniše kao nezavisan sistem koji doprinosi skupu računarskih resursa, ne postoji jedinstvena tačka otkaza ili ranjivosti. Da bi napadač uspeo da sruši sistem morao bi da provali u više nezavisnih sistema, pri čemu svaki sistem ima svoj bezbednosni mehanizam.

Složenost i dinamična priroda decentralizovanih sistema čini ih teškim za izgradnju i upravljanje. Zbog postojanja više mašina u sistemu, potrebno je i više vremena da se svaka mašina ažurira i prilagodi novim funkcionalnostima i bezbednosnim zahtevima. Podaci ponekad moraju da putuju komplikovanim rutama sa jedne mašine na drugu, što može izazvati kašnjenja [1, 5].

2.2 Distribuirani sistemi

Blokčejn je implementacija distribuirane knjige koja može biti centralizovana ili decentralizovana. Blokčejn je prvobitno bio zamišljen, a obično se tako i koristi, kao decentralizovana platforma. Razumevanje distribuiranih sistema je od suštinskog značaja za razumevanje blokčejna, jer je u osnovi blokčejn distribuirani sistem.

Kod distribuiranih sistema mora postojati više čvorova koji međusobno koordinisano rade kako bi se postigao željeni ishod, a modelovan je tako da krajnji korisnici to vide kao jednu platformu. Čvor se može definisati kao pojedinačni igrač u distribuiranom sistemu. Svi čvorovi mogu da šalju i primaju poruke jedni od drugih. Čvorovi mogu biti pošteni, neispravni ili zlonamerni i imaju svoju memoriju i procesor [2].

Projektovanje distribuiranih sistema je veoma izazovno jer je veoma teško postići da sistem istovremeno ima konzistentnost, dostupnost i toleranciju particije. Konzistentnost je svojstvo koje osigurava da svi čvorovi u distribuiranom sistemu imaju jednu poslednju kopiju podataka.

Dostupnost znači da je sistem u funkciji, dostupan za upotrebu i da prihvata dolazne zahteve i odgovara sa podacima bez greške kada su zatraženi. Tolerancija particije osigurava da ako grupa čvorova otkáže, distribuiran sistem nastavlja da radi ispravno. U blokčejnu konzistentnost se žrtvuje u korist dostupnosti i tolerancije particije, tako što se konzistentnost ne postiže istovremeno sa tolerancijom particije i dostupnošću, ali se postiže naknadno tokom vremena. Ovo se naziva eventualna konzistentnost, jer se postiže kao rezultat validacije sa više čvorova tokom vremena. U tu svrhu je prvenstveno uveden koncept rudarstva, koji olakšava postizanje konsenzusa, korišćenjem konsenzus algoritma koji se zove dokaz o radu [5].

2.3 Blokčejn

Blokčejn je ravnopravan (eng. Peer-to-peer), distribuirana knjiga koja je kriptografski osigurana i u kojoj se upisani podaci ne mogu izmeniti, a novi zapisi se dodaju kroz konsenzus. Peer-to-peer označava da nema centralnog autoriteta u mreži i da svi učesnici (čvorovi) direktno razgovaraju jedni sa drugima. Ovo svojstvo omogućava da se transakcije obavljaju direktno bez učešća trećih strana. Svojstvo distribuirane knjige u blokčejnu znači da se knjiga nalazi kod svih čvorova na mreži i svaki čvor sadrži kopiju kompletne knjige. Ova knjiga je kriptografskim algoritmima osigurana od neovlašćenog menjanja i zloupotrebe. Ažuriranje blokčejna kroz konsenzus mu daje moć decentralizacije, što znaci da nema centralni organ koji ima kontrolu nad ažuriranjem knjige. Prema tome svako ažuriranje na blokčejnu se potvrđuje prema strogim pravilima definisanim u protokolu blokčejna i podaci se dodaju tek nakon što se postigne konsenzus među svim čvorovima na mreži [3].

Osnovni elementi svakog blokčejna su adresa, transakcija i blok. Adresa je jedinstveni identifikator koji se koristi u blokčejn transakciji za označavanje pošiljaoca i primaoca. Transakcija je osnovna jedinica u blokčejnu i predstavlja prenešenu vrednost sa jedne adrese na drugu. Blok je sastavljen od više transakcija i drugih elemenata kao što su pokazivač na prethodni blok, vremensku oznaku, nonce broj i Merkle root. Merkle root je heš svih transakcija u bloku i nalazi se u zaglavlju bloka.

Čvorovi u blokčejnu mogu da obavljaju različite funkcije u zavisnosti od role koja im je dodeljena. Čvor može da bude rudar (eng. miner) koji pravi nove blokove i kuje nove koine ili da validira i digitalno potpisuje transakcije. Kritična odluka koju svaki blokčejn mora da donese je koji čvor će dodati sledeći blok u blokčejn. Ova odluka se donosi pomoću konsenzus algoritama. Najpoznatiji konsenzus algoritam je dokaz o radu (eng. Proof-of-Work). Ovaj konsenzus mehanizam se oslanja na dokaz da su utrošeni odgovarajući računarski resursi pre nego što se mreži predloži vrednost za prihvatanje. Drugi najpoznatiji konsenzus mehanizam je dokaz o ulogu (eng. Proof-of-Stake) [10].

2.4 Ethereum

U Ethereum postoji 'jedan' računar, koji se zove Ethereum virtuelna mašina, a oko čijeg stanja se svi na mreži slažu. Svaki čvor na Ethereum mreži čuva stanje ovog računara i svaki učesnik može da uputi zahtev ka mreži da bi ovaj računar izvršio proizvoljno računanje. Svaki zahtev ka mreži se naziva transakcioni zahtev. Kad god se takav zahtev emituje, drugi učesnici na mreži verifikuju, potvrđuju i izvršavaju računanje. Svako izračunavanje izaziva promenu stanja u Ethereum virtuelnoj mašini, koje se zapisuje i širi po mreži. Zapis o svim transakcijama, kao i trenutno stanje Ethereum virtuelne mašine, čuva se u blokčejnu, koje skladište i dogovaraju svi čvorovi na mreži [4].

Ethereum ima svoju kriptovalutu koja se zove Ether. Svrha ove valute je da pruži ekonomski podsticaj čvorovima koji verifikuju transakcione zahteve i pružaju računarske resurse mreži. Svaki učesnik koji emituje transakcioni zahtev mora ponuditi određenu količinu Ether-a, kao nagradu koja će se dodeliti onome ko na kraju obavi posao verifikacije transakcije, izračunavanja i dodavanja u blokčejn. Količina Ether-a zavisi od dužine izračunavanja, kako bi se sprečilo zagušenje mreže, izvršavanjem beskonačne petlje.

Ethereum virtuelna mašina (EVM) jedna je od ključnih delova u radu Ethereum blokčejna. Funkcija EVM je da dozvoli izvršavanje programa ili pametnih ugovora kako bi se na Ethereum blokčejnu obezbedio skup dodatnih funkcija koje korisnici mogu da koriste. Da bi se olakšalo programiranje za ovu virtuelnu mašinu, potreban je specijalizovan jezik visokog nivoa koji se zove Solidity. Kroz ovaj programski jezik omogućeno je pisanje pametnih ugovora. Solidity se prevodi u bajt kod koji izvršava EVM kako bi izvršila operacije koje su navedene u pametnom ugovoru. EVM možemo posmatrati kao jedan veliki virtuelni procesor koji čita bajt kod, a pokreće se u programu koji se zove Geth. Geth je implementacija Ethereum protokola. Nodovi na Ethereum mreži pokreću Geth na raznim operativnim sistemima. Kada programer napiše pametan ugovor, taj ugovor se kompajlira u bajt kod koji se šalje na mrežu kako bi se našao kod svih nodova. Tako da kad dođe transakcija koja izvršava taj pametni ugovor, svi nodovi će ga izvršiti i time promeniti stanje na blokčejnu [6].

Decentralizovane aplikacije u Ethereum-u se izvršavaju na više računara, što obezbeđuje da će se sigurno izvršiti. Ethereum je Turing complete, što znači da može da izvršava petlje. Kriptovalute pre Ethereum-a su izbegavale petlje, kako bi se izbeglo zagušenje mreže, a Ethereum ovaj problem rešava plaćanjem naknade (Gas) za svaku izvršenu funkcionalnost.

U Ethereumu postoje dve vrste računa: račun u eksternom vlasništvu (EOA) i ugovorni račun. EOA kontrolišu korisnici, često putem softvera kao što je aplikacija novčanik koja je izvan Ethereum platforme. Nasuprot tome ugovorne račune kontrolišu programski kod (pametni ugovori) koje izvršava EVM.

2.5 Pametni ugovori

Funkcionalnost pametnog ugovora implementirana je na ograničen način u Bitcoin-u 2009. godine. Bitcoin

podržava ograničen skriptni jezik koji se zove Script, koji omogućava prenos bitcoina između korisnika. Međutim on nije Turing jezik i ne podržava proizvoljan razvoj programa. Osnovna ideja pametnih ugovora je da se automatski izvršavaju, prema instrukcijama koje su kodirane, kada je određen uslov zadovoljen. Poželjno je da se pametni ugovori ne oslanjaju na bilo koje tradicionalne metode sprovođenja. Umesto toga trebali bi da rade na principu *kod je zakon*, što znači da nema potrebe da neka treća strana kontroliše i utiče na izvršavanje pametnog ugovora. Pametni ugovori mogu da šalju i primaju transakcije, a jednom kada se okače na blokčejn ne mogu da se menjaju.

Jedna od važnijih osobina pametnih ugovor je da moraju da budu deterministički. Ovo svojstvo omogućava da pametni ugovor može da pokrene bilo koji čvor na mreži i postigne isti rezultat kao i svi drugi čvorovi. Ako se rezultat čak i malo razlikuje između čvorova, onda se ne može postići konsenzus. Ovo svojstvo još govori da za isti ulaz uvek mora biti isti izlaz, što znači da sistem ne sme da manifestuje različito ponašanje za isti ulaz u različitim izvođenjima [5].

Ograničenje pametnih ugovora je da oni ne mogu da pristupe eksternim podacima zato što je blokčejn zatvoren sistem. Neki pametni ugovori za njihovo izvršavanje zahtevaju ulazne podatke koje čovek treba da obezbedi. Da bi ugovor bio zaista pametan, morao bi biti potpuno automatizovan. Kako bi se izbegao ljudski faktor, u svrhu dobavljanja ulaznih podataka koristi se Oracles [7].

Kako bi pametni ugovori koristili blokčejn tehnologiju, postoje standardi koji definišu pravila koje pametni ugovori moraju da zadovoljavaju. Blokčejn koji podržava pametne ugovore, mora da sadrži standarde za kreiranje tokena da bi ljudima rekli kako da kreiraju sopstvene tokene koristeći njihov blokčejn.

Pošto je Ethereum trenutno najkorišćeniji blokčejn za izgradnju pametnih ugovora razvio je različite vrste standarda za podršku pametnih ugovora. Najpoznatiji standardi za pametne ugovore na Ethereum su ERC-20 za zamenjive tokene, ERC-721 za nezamenjive tokene i ERC-1155 koji se koristi i za zamenjive i za nezamenjive tokene.

3. NEZAMENJIVI TOKENI

NFT su tokeni koje možemo koristiti za predstavljanje vlasništva nad jedinstvenim stvarima. Omogućili su nam da tokenizujemo stvari poput umetnosti, kolekcionarstva, čak i nekretnina. Oni mogu imati samo jednog zvaničnog vlasnika u jednom momentu. Obično se nalaze na Ethereum blokčejnu. Niko ne može da izmeni zapis o vlasništvu, niti da kopira novi NFT [8].

Nezamenjivi tokeni se koriste da označe da je nešto jedinstveno i da se ne može zameniti sa nečim drugim. Nezamenjiv je izraz koji se koristi za opisivanje stvari poput datoteke pesme, računara, nameštaja i drugih nezamenjivih stvari. Ove stvari se ne mogu zameniti za druge predmete jer imaju jedinstvena svojstva. Sa druge strane zamenjivi predmeti se mogu zameniti jer ih definiše njihova vrednost umesto njihovih jedinstvena svojstva. Ethereum ili dolar su zamenjivi jer se jedan Ethereum može zameniti sa drugim Ethereum-om [4].

Kreatori NFT-a mogu odlučiti da svaki NFT učine potpuno jedinstvenim, ili može da ima razlog da napravi nekoliko hiljada replika. Neki NFT-ovi će automatski isplatiti autorske naknade svojim tvorcima kada se prodaju. Ovaj proces je potpuno automatizovan, što znači da svaki put kada se NFT proda nekoj novoj osobi, kreator dobija procenat te prodaje.

4. OPIS APLIKACIJE ZA KREIRANJE NEZAMENJIVIH TOKENA

U ovom poglavlju biće opisana aplikacija za kreiranje nezamenjivih tokena kao i korišćene tehnologije za implementaciju iste. Prvi deo aplikacije je fokusiran na kreiranje i objavljivanje pametnog ugovora, a drugi deo aplikacije koristi taj pametni ugovor za kreiranje novih nezamenjivih tokena. Ova aplikacija je testirana na Ethereum testnoj mreži Ropsten. Ropsten testna mreža omogućava blokčejn programerima da testiraju softver u okruženju koje ima podešavanje kao i glavna mreža, ali bez potrebe za stvarnim Ether-om.

Prvi korak prilikom kreiranja Ethereum aplikacija je da se napravi nalog (adresa) na Ethereum mreži koji omogućava slanje i primanje transakcija. Za ovu aplikaciju korišćen je MetaMask virtuelni novčanik u internet pretraživaču, koji upravlja Ethereum nalogom (adresom). Kada se pokrene transakcija, MetaMask potpisuje transakciju privatnim ključem koji se nalazi u pretraživaču i uz pomoć eksternog čvora koji koristi MetaMask transakcija se šalje na Ethereum mrežu [4].

Učestvovanje u Ethereum mreži se ostvaruje preko čvorova. Da bi ova aplikacija bila učesnik i mogla da objavi pametni ugovor potreban je čvor na koji će se konektovati. Ova aplikacija koristi eksterni Alchemy čvor. Alchemy je platforma za blokčejn programere koja omogućava komunikaciju sa Ethereum mrežom bez pokretanja lokalnog čvora.

Kao razvojno okruženje za testiranje, pokretanje i kompajliranje pametnih ugovora pre nego što budu objavljeni na Ethereum mrežu korišćen je Hardhat. Hardhat omogućava da se na jednostavan način integrišu dodatni alati i funkcionalnosti u aplikaciju, kao što je integrisan Ethers dodatak. Ethers dodatak pruža veoma jednostavne metode za objavljivanje pametnih ugovora.

Pametni ugovori se pišu pomoću Solidity programskog jezika, koji je korišćen i za pisanje MyNFT.sol pametnog ugovora. Kako bi NFT token bio potpuno validan, pametni ugovor mora da implementira sve metode ERC-721 standarda, a da bi nasledio sve metode ERC-721 standarda korišćen je ERC721.sol pametni ugovori iz Openzeppelin biblioteka. Svakom kreiranom tokenu pomoću MyNFT.sol pametnog ugovora mora se dodeliti jedinstveni identifikator, a koji se određuje na osnovu ukupnog broja kreiranih tokena. Prvi token koji se kreira pomoću ovog pametnog ugovora imaće identifikator 1, drugi kreirani imaće identifikator 2 i tako dalje. Identifikacija novih tokena podržana je Counters.sol pametnim ugovorom iz Openzeppelin biblioteke. Kako bi se postavila kontrola pristupa pametnom ugovoru, da nove tokene može da kreira samo vlasnik pametnog ugovora, korišćen je Ownable.sol pametni ugovor iz Openzeppelin biblioteke [9].

```

pragma solidity ^0.8.0;
import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/ERC721.sol";
import "@openzeppelin/contracts/utils/Counters.sol";
import "@openzeppelin/contracts/access/Ownable.sol";
import "@openzeppelin/contracts/token/ERC721/extensions/
ERC721URIStorage.sol";

contract MyNFT is ERC721URIStorage, Ownable {
    using Counters for Counters.Counter;
    Counters.Counter private _tokenIds;

    constructor() public ERC721("MyNFT", "NFT") {}

    function mintNFT(address recipient, string memory tokenURI)
        public onlyOwner
        returns (uint256)
    {
        _tokenIds.increment();

        uint256 newItemId = _tokenIds.current();
        _mint(recipient, newItemId);
        _setTokenURI(newItemId, tokenURI);

        return newItemId;
    }
}

```

Slika1. Pametni ugovor za kreiranje tokena

Kao što je prikazano na slici 1, pametni ugovor je poprilično jednostavan zahvaljujući uključenim Openzeppelin bibliotekama, tako da je potrebno implementirati konstruktor, brojač i jednu funkciju [4].

Kroz konstruktor pametnog ugovora prosleđuju se dva parametra, gde prvi parametar predstavlja naziv pametnog ugovora, a drugi je njegova oznaka.

Funkcija MintNFT koja omogućava kreiranje tokena prima dva parametra. Prvi parametar predstavlja adresu na koju će kreirani token biti poslat, a drugi predstavlja URI do JSON fajla koji opisuje metapodatke nezamenjivog tokena.

Metapodaci nezamenjivih tokena su ono što čini njihovu srž, omogućavajući im da imaju podesiva svojstva kao što su ime, opis, slika i drugi atributi. Kako je smeštanje velike količine podataka na blokčeju veoma skupo, metapodaci nezamenjivih tokena se čuvaju negde eksterno, a na blokčeju se čuva samo link do tih metapodataka. Iako se na blokčeju čuva samo link do metapodataka, može se desiti da link nekad ne bude dostupan. Takođe neko ko ima pristup metapodacima može da ih izmeni, stoga treba da se koristi skladište podataka koje je decentralizovano i nepromenljivo. Aplikacija u ovom radu koristi decentralizovani Pinata IPFS (InterPlanetary File System) sistem za skladištenje i pristup podacima. Kada se kreira digitalna imovina ona se dodaje na IPFS mrežu i pri tome se generiše jedinstveni identifikator sadržaja. Ako neko ima kopiju digitalne imovine i napravi male izmene, jedinstveni identifikator će se promeniti i svako može da vidi da je to kopija koja onda nema neku vrednost.

Kako bi se kreirali novi nezamenjivi tokeni pomoću objavljenog pametnog ugovora koristi se njegov ABI (Application Binary Interface). Pomoću ABI-ja možemo da vidimo nazive metoda, parametre i strukturu podataka pametnog ugovora.

5. ZAKLJUČAK

U uvodnom delu rada opisana je razlika između centralizovanih i decentralizovanih sistema. Videli smo da je jedna od ključnih razlika između ova dva sistema u tome ko

ima kontrolu nad samim sistemom. Centralizovanim sistemom upravlja samo jedan autoritet, koji ima potpunu kontrolu nad svim delovima sistema, dok kod decentralizovanih sistema odluke se donose pomoću konsenzus algoritama što ga čini bezbednijim i pouzdanijim.

Neke od najvećih prednosti blokčeja su to što je kriptografski osiguran i da se upisani podaci ne mogu izmeniti, kao i to što se novi podaci upisuju kroz konsenzus. Zahvaljujući njegovim mnogobrojnim prednostima predviđa se da će se u budućnosti osim u finansijskoj industriji koristiti i u drugim sferama poslovanja kao i svakodnevnom životu. Prva kriptovaluta koja je zasnovana na blokčeju je Bitcoin, a njegovana inicijalna namena je da obezbedi razmenu novca bez učešća treće strane. Pošto Bitcoin nije Turing complete jezik za pisanje pametnih ugovora, nastao je Ethereum koji to omogućava. Nastankom Turing complete pametnih ugovora, primena blokčeja se značajno proširila i omogućila kreiranje nezamenjivih tokena.

Nezamenjivi tokeni velikom brzinom preuzimaju svet digitalne umetnosti i kolekcionarstva. Pružaju mogućnost kreatorima digitalnog sadržaja da zadrže vlasnička prava nad svojim radom i direktno zahtevaju naknadu za dalju prodaju. Svaki nezamenjivi token ima svog vlasnika što je lako proverljivo. U budućnosti bi mogli da vidimo eru u kojoj umetnici saraduju direktno sa muzičkim trgovcima i prodaju svoje nezamenjive tokene kao što su to radili sa sopstvenim CD-ovima.

6. LITERATURA

- [1] Centralized vs decentralized, <https://www.vxchange.com/blog/centralized-decentralized-network>
- [2] Distributed Systems, Third edition, Maarten van Steen, Andrew S. Tanenbaum
- [3] Satoshi Nakamoto, A peer-to-peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [4] Ethereum organization, <https://ethereum.org/en/>
- [5] Imran Bashir, "Mastering Blockchain", 2020.
- [6] Mastering Ethereum, Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood,
- [7] Blockchain Oracles Explained, <https://www.gemini.com/cryptopedia/crypto-oracle-blockchain-overview#section-decentralized-oracles>
- [8] Non-fungible tokens (NFT), Ethereum organization, <https://ethereum.org/en/nft/#what-are-nfts>
- [9] Crypto.com, Token standards, <https://crypto.com/university/article?category=crypto101&page=token-standards>
- [10] Consensus Algorithms in Blockchain, <https://www.geeksforgeeks.org/consensus-algorithms-in-blockchain/>

Kratka biografija:



Dragan Dulić rođen je u Novom Sadu 1995. god. Osnovne akademske studije završio 2018. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti Računarstvo i automatika – Elektronsko poslovanje odbranio je 2021.god.