



SOFTVERSKO REŠENJE ZA PODRŠKU LANCA NABAVKE ORGANSKE HRANE
ZASNOVANO NA BLOKČEJNU

BLOCKCHAIN BASED SOFTWARE SOLUTION FOR ORGANIC FOOD SUPPLY
CHAIN

Stefan Veselinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu će biti predstavljene mogućnosti primene blokčejn tehnologije za podršku lanca nabavke organske hrane i opisan razvoj jednog takvog sistema u vidu aplikacije na Hyperledger Sawtooth platformi. Aplikacija je implementirana na decentralizovan način i omogućava korisnicima da prate organske prehrambene proizvode kroz sve delove lanca nabavke.

Ključne reči: lanac nabavke, blokčejn, decentralizovana aplikacija.

Abstract – This work will present the possibilities for the application of blockchain technology in supporting organic food supply chains and describe the development of one such software solution using the Hyperledger Sawtooth platform. The application is implemented in a decentralized fashion, and it allows users to track organic food products through all parts of the supply chain.

Key words: supply chain, blockchain, decentralized application.

1. UVOD

Tema ovog rada jeste implementacija softverskog rešenja za podršku lancu nabavke organske hrane koje je zasnovano na blokčejn tehnologiji. Ideja je da se predstave prednosti i mane sistema baziranih na blokčejnu kao i razlozi zbog kojih blokčejn tehnologija ima dobru primenu u sistemima koji podržavaju lance nabavke. U daljem tekstu uvoda će biti dat pregled osnova distribuiranih decentralizovanih sistema i blokčejn tehnologije. U drugom poglavlju će biti dat detaljan opis najpoznatijih platformi baziranih na blokčejnu, Bitcoin-a [2] i Ethereum-a [3]. Treće poglavlje se bavi osnovnim konceptima lanca nabavke organske hrane, dok je u četvrtom poglavlju opisana Hyperledger Sawtooth platforma i njena arhitektura. U petom poglavlju su opisani korišćeni alati i tehnologije, dok poslednja dva poglavlja predstavljaju opis rešenja i zaključak.

Iako su centralizovani sistemi tipično jednostavniji za implementaciju nego decentralizovani, u slučaju otkaza bilo kog dela sistema ceo sistem postaje nedostupan, stoga su njihove glavne mane stabilnost i dostupnost. Distribuirani decentralizovani sistemi rešavaju glavne probleme centralizovanih sistema.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dušan Gajić, vanr. prof.

Korisnik distribuiranog sistema mora da ima utisak da koristi jedan koherentni sistem. Jedna od glavnih prednosti distribuiranih sistema jeste da se veoma dobro skaliraju. Vrlo često su delovi distribuiranih sistema na fizički različitim lokacijama što izuzetno poboljšava vreme odziva sistema. Najveći izazov pri dizajniranju distribuiranih sistema je sinhronizacija podataka. CAP [4] teorema govori da distribuirani sistem ne može istovremeno obezbediti dostupnost, toleranciju particija i konzistentnost podataka, usled čega se većina distribuiranih sistema deklariraju kao eventualno konzistentna.

Decentralizovani sistemi su privukli veliku pažnju pojavom blokčejn tehnologije koja se prvi put pominje u radu koji opisuje Bitcoin platformu. Ova tehnologija se zasniva na tehnologiji distribuirane knjige (eng. Distributed Ledger Technology – DLT) [5], koja suštinski predstavlja distribuiranu bazu podataka. Svaki od čvorova ovakve baze podataka čuva identičnu kopiju svih podataka. Tri glavne karakteristike tehnologije distribuirane knjige su jezik transakcija, protokol i model podataka. Jezik transakcija definiše format putem kojeg čvorovi u sistemu mogu da vrše promene nad podacima. Protokol definiše pravila pomoću kojih učesnici sistema mogu da postignu konsenzus o tome koje transakcije je potrebno izvršiti i u kom redosledu. Model podataka definiše stanje distribuirane knjige i mora biti definisan pri dizajniranju sistema. Takođe, sigurnost podataka se postiže korišćenjem kriptografije. Svaki podatak koji se čuva u distribuiranoj knjizi sadrži vremenski otisak trenutka u kojem je poslednji put promenjen kao i kriptografski potpis.

Blokčejn predstavlja formu distribuirane knjige koja podatke čuva u lancu blokova, a svaki blok je skup transakcija koje su izvršene. Da bi se formirao lanac blokova, svaki od blokova sadrži kriptografski heš prethodnog bloka koji je smešten u zaglavlju bloka. Kriptografski heš predstavlja vrednost fiksne dužine koja je dobijena primenom heš funkcije nad određenim podacima. Pored ovoga, u zaglavlju bloka nalazi se i vremenski otisak, koren Merkleovog stabla i nounce vrednost. Tri glavne odlike sistema zasnovanih na blokčejnu su transparentnost, decentralizovanost i nepromenljivost podataka. Pod nepromenljivošću podataka se podrazumeva da jednom kada je transakcija izvršena i smeštena na blokčejn gotovo ju je nemoguće poništiti.

Osnovna podela sistema zasnovanih na blokčejn tehnologiji je na privatne i javne. Javnim sistemima može da pristupi bilo ko, dok je pristup privatnim sistemima omogućen samo autorizovanim korisnicima. Takođe, u

privatnim sistemima svi učesnici su poznati jedni drugima. Iako privatni blokčejnovi nude bolje performanse po pitanju brzine izvršavanja transakcija, većina najpoznatijih sistema kao što su Bitcoin i Ethereum se bazira na javnim blokčejn mrežama.

2. BITCOIN I ETHEREUM

Rad pod nazivom „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System“ koji je 2008. godine objavljen od strane osobe ili grupe ljudi poznate pod pseudonimom Satoshi Nakamoto opisao je na koji način je moguće rešiti problem dvostruke potrošnje (eng. double spending problem) u sistemima u kojima učesnici nemaju poverenje jedni u druge, kao i način na koji je moguće čuvati izvršene transakcije pomoću blokčejna.

Bitcoin platforma koja je opisana u ovom radu korisnicima omogućava direktnu razmenu digitalne valute pod istim nazivom, bez potrebe za posrednikom.

Bitcoin mreža se održava kroz proces koji se naziva rudarenje (eng. mining). Svaki učesnik, odnosno rudar (eng. miner), sistema se takmiči sa ostalima učesnicima u rešavanju problema baziranog na kriptografiji sa ciljem da doda novi blok u lanac blokova. Takođe, on je taj koji bira koje transakcije iz skupa transakcija koje čekaju izvršavanje će uključiti u novi blok. Da bi rešio kriptografski problem rudar mora da pronađe numeričku vrednost takvu da kada se na ovu vrednost zajedno sa sadržajem bloka primerni heš funkcija, vrednost koja se dobije je numerički manja od zadate vrednosti. Vrednost koju rudar pokušava da pronađe naziva se nounce.

Glavna karakteristika ovog algoritma jeste da je veoma lako dokazati da je rudar pronašao odgovarajuću vrednost, dok pronalaženje iste zahteva veoma puno vremena i procesorske moći. Promenom zadate vrednosti od koje rezultat heš funkcije mora biti numerički manji, moguće je prilagođavanje težine pronalaženja nounce vrednosti, čime se postiže limitiranje broja blokova koji se dodaju u blokčejn. Tehnički gledano rudarenje predstavlja inverznu heš operaciju. Bitcoin mreža ograničava mogućnost dodavanja novog bloka u blokčejn na jedan blok svakih 10 minuta. Učesnik koji uspešno doda novi blok kao nagradu dobija određenu sumu digitalne valute Bitcoin. Opisani algoritam naziva se dokaz posla (eng. Proof of Work).

Dokaz posla je veoma lak za implementaciju, i moguće ga je prilagoditi velikom broju različitih sistema, uprkos tome algoritam ima nekoliko nedostataka koji su se pokazali ključnim. Da bi se mreža održavala kroz proces rudarenja potrebna je velika procesorska moć odnosno troši se velika količina energije, poslednja istraživanja pokazuju da Bitcoin mreža na godišnjem nivou potroši istu količinu električne energije kao Švedska. Osim toga, izvršavanje transakcija uključuje velika kašnjenja, pa je Bitcoin platforma u mogućnosti da obradi tek 4,6 transakcija po sekundi, dok recimo Visa platforma može da obradi preko 1700 transakcija u sekundi.

Sa ciljem rešavanja pomenutih nedostataka dokaza posla definisan je algoritam pod nazivom dokaz uloga (eng. Proof of Stake). Definicija ovog algoritma se prvi put pojavljuje pronalaskom kripto valute pod nazivom Peercoin. Učesnici u blokčejn mreži koja se održava putem dokaza uloga se nazivaju validatori. Svaki učesnik

je u mogućnosti da validira transakcije i uključi ih u blokčejn u vidu novog bloka ukoliko je izabran od strane sistema. Glavni parametar za izbor validatora je količina uloga. Ukoliko je validator A uložio 3 puta više nego validator B, validator A ima tri puta veću šansu da bude izabran. Teoretski, ovo znači da validatori koji ulože najveću količinu će biti uvek izabrani za validaciju. Vremenom bi na ovaj način mreža postala veoma centralizovana. Da bi se izbegla ovakva situacija, različite implementacije ovog algoritma uključuje dodatne parametre. Jedno od mogućih rešenja je da se uz količinu koju je uložio validator takođe posmatra i vreme koje je proteklo od kada je validator napravio ulog.

U radu koji je objavljen 2013. godine pod nazivom „The Ethereum“, Vitalik Buterin je prepoznao da je Bitcoin platforma samo jedna od mogućih primena blokčejn tehnologije. On je opisao sistem u kojem svaki od učesnika u mreži izvršava specijalan softver pod nazivom Ethereum virtuelna mašina (eng. Ethereum Virtual Machine - EVM). Ethereum virtuelna mašina omogućava izvršavanje aplikacija, koje su zbog prirode Ethereum platforme potpuno decentralizovane. Pre ovoga, da bi decentralizovana aplikacija bila implementirana potpuno nova blokčejn mreža je morala biti pokrenuta, dok je korišćenjem Ethereum platforme moguće razviti bezbroj različitih decentralizovanih aplikacija koje se izvršavaju na istoj blokčejn mreži. Ethereum trenutno koristi dokaz posla kao konsenzus algoritam, ali je u planu prelazak na dokaz uloga. Slično Bitcoin-u, Ethereum ima svoju kripto valutu pod nazivom Eter (eng. Ether), koja ima dvojaku ulogu. Ona služi kao valuta kojom je moguće trgovati, dok je programeri aplikacija koje se izvršavaju na Ethereum-u koriste za plaćanje naknade za izvršene transakcije. Dodatno, Ethereum definiše i token pod naziv Gas pomoću koga se meri koja količina računarske moći je potrebna za izvršavanje različitih operacija.

Revolucionarni koncept koji je Ethereum definisao je koncept pametnih ugovora (eng. Smart Contracts). Pametni ugovori predstavljaju programske kodove koji se kompajliraju u EVM bajtkod nakon čega se i izvršavaju na Ethereum virtuelnoj mašini. Koristeći pametne ugovore moguće je definisati operacije koje će se izvršiti kada su zadovoljeni određeni uslovi. Za pisanje pametnih ugovora Ethereum nudi nekoliko Turing kompletnih programskih jezika od kojih je najpoznatiji Solidity.

Korišćenjem pametnih ugovora moguće je definisati koncept decentralizovane autonomne organizacije. Ova vrsta organizacije nema lidera. Pomoću kolekcije pametnih ugovora se definišu struktura i pravila organizacije. Nakon što se pametni ugovori postave na Ethereum platformu, nije moguće menjati ni jedan od definisanih aspekata organizacije. U ekonomskom smislu, ovakva organizacija predstavlja kompaniju.

Decentralizovane finansije (eng. Decentralized finance – DeFi) je još jedan od veoma značajnih koncepta koji je nastao kao posledica Ethereum platforme i pametnih ugovora. Decentralizovane finansije podrazumevaju korišćenje sistema pomoću kojeg finansijski proizvodi postaju javno dostupni svima na korišćenje. Ovo znači da korisnici imaju mogućnost da direktno između sebe izvršavaju transakcije, što u potpunosti isključuje potrebu za posrednikom, kao što je na primer menjačnica kripto valuta. Decentralizovane finansije obezbeđuju korisni-

cima potpunu kontrolu i transparentnost nad svojim novcem, kao i pristup globalnim tržištima.

3. LANACI NABAVKE ORGANSKE HRANE

Lanac nabavke predstavlja system koji se sastoji iz organizacija, resursa, ljudi, aktivnosti i informacija koji su uključeni u snabdevanje potrošača proizvodima ili uslugama. Aktivnosti lanca nabavke uključuju transformaciju prirodnih resursa i sirovina u gotove proizvode, putem proizvodnih procesa, koji se dostavljaju krajnjim korisnicima.

Generički lanac snabdevanja počinje pronalaženjem resursa potrebnih za proizvodnju. Nakon toga resurse preuzimaju učesnici lanca koji predstavljaju dobavljača resursa u lancu nabavke. Sledeći korak je dostava resursa do proizvođača ili grupe proizvođača, koji će kreirati finalne proizvode, od strane dobavljača. Nakon toga distributer preuzima proizvode i dostavlja ih preprodavcima. Potrošači kupuju proizvode od preprodavaca time stvarajući potrebu za novim proizvodima.

Savremeno poslovno okruženje zahteva da se proizvodi izrađuju po željama kupaca, što brže i po što boljoj ceni. Pravilnim upravljanjem i konstantim unapređivanjem lanca nabavke kompanije ostvaruju uštede u vremenu i novcu. Upravljanje lancem nabavke obuhvata planiranje i upravljanje svim aktivnostima u lancu.

Lanci nabavke koji obuhvataju prehrambene proizvode su u velikoj meri transformisani u poslednjih 50 godina. Uprkos tome, moderni lanci nabavke prehrambenih proizvoda su i dalje veoma neefikasni. Prema podacima Ujedinjenih Nacija, više od milijardu tona hrane, na godišnjem nivou, propadne ili se baci. Lanci nabavke prehrambenih proizvoda su mnogo kompleksniji i teži za upravljanje od većine drugih lanaca nabavke jer je potrebno očuvati kvalitet i svežinu hrane, kao i njenu sigurnost.

Najveća tržišta organske hrane nalaze se u Severnoj Americi i Evropi, dok se većina proizvođača nalazi izvan ovih tržišta. Ovo predstavlja jedan od najvećih izazova u lancim nabavke organske hrane. Potreba za organskom hranom raste eksponencijalno iz godine u godinu jer krajnji potrošači pridaju sve veći značaj očuvanju zdravlja i okoline.

Takođe, proces proizvodnje organske hrane je mnogo kompleksniji od proizvodnje neorganske hrane. Većina država zahteva od proizvođača da imaju specijalne sertifikate za proizvodnju organske hrane, da bi mogli da obeležavaju svoje proizvode kao organske. Dodatno, organski proizvodi često imaju veoma kratak rok trajanja u kojem ih je potrebno upotrebiti, stoga je ključno dostaviti ih potrošačima u što kraćem vremenskom intervalu.

Problem koji krajnji potrošači imaju jeste da je, izuzimajući oznaku na pakovanju proizvoda, gotovo nemoguće razlikovati organski proizvod od neorganskog. Zato potrošači moraju da veruju proizvođačima i preprodavcima da proizvod jeste organski.

Upotrebom blokčejn tehnologije potrošači bi imali pristup kompletnoj istoriji proizvoda, koja uključuje način na koji je on napravljen, transportovan i skladišten, čime bi bili potpuno sigurni da je proizvod organskog porekla.

4. HYPERLEDGER SAWTOOTH

Hyperledger Sawtooth je jedan od alata koji je nastao kao rezultat Hyperledger projekta. Ovaj projekat je pokrenut krajem 2015. godine od strane Linux fondacije. Ubrzo nakon toga mnoge svetske kompanije priključile su se projektu. Cilj ovog projekta je obezbeđivanje skupa alata i biblioteka zasnovanih na blokčejn tehnologiji koji će biti korišćeni od strane velikih kompanija za implementaciju softverskih rešenja koja će unaprediti njihova poslovanja. Hyperledger Sawtooth projekat je pokrenut od strane Intel-a i verzija v1.0 je objavljena početkom 2018. godine. Ova blokčejn platforma je privatna i namenjena je za korišćenje od strane korporacija. Glavna karakteristika Hyperledger Sawtooth-a je da u potpunosti razdvaja jezgro sistema od dela sistema namenjenog za razvoj aplikacija. Na ovaj način ostvaruju se veoma dobre performanse sistema i povećava njegova sigurnost. Takođe jezgro sistema omogućava postojanje više aplikacija na blokčejnu u isto vreme.

Hyperledger Sawtooth je modularna platforma i njena arhitektura obuhvata komponente kao što su Validator, Procesor Transakcija, REST API i komponentu za upravljanje konsenzusom. Globalno stanje svih transakcija izvršenih u sistemu se čuva na svim validatorima u mreži. Ukoliko klijent sistema želi da promeni globalno stanje potrebno je da kreira transakciju i pošalje je validatoru. Najmanja jedinica koja može promeniti globalno stanje sistema je serija (eng. batch) transakcija, odnosno skup transakcija kod kojeg su ili sve transakcije iz skupa izvršene ili nijedna od njih nije izvršena. Takođe, korišćenjem serija transakcija pojednostavljeno je održavanje zavisnosti između transakcija, na način da za transakcije koje se nalaze u istoj seriji i jedna od njih zavisi od druge, nije potrebno eksplicitno definisati zavisnost jer će sve transakcije u seriji svakako biti izvršene. Hyperledger Sawtooth platforma podržava serijalno i paralelno izvršavanje transakcija. Takođe, tokom aktivnog rada sistema moguće je menjati način izvršavanja transakcija bez stopiranja sistema.

Hyperledger Sawtooth platforma nudi nekoliko konsenzus algoritama i neki od njih su dokaz o proteklom vremenu (eng. Proof of Elapsed Time - PoET), Sawtooth praktična vizantijska tolerancija grešaka (eng. Sawtooth Practical Byzantine Fault Tolerance – PBFT) i Sawtooth splav (eng. Sawtooth Raft). Konsenzus algoritam dokaz o proteklom vremenu rešava problem vizantijskih generala. Algoritam svakom učesniku dodeljuje nasumično generisanu vrednost koja predstavlja vreme koje je potrebno da sačeka pre nego što proba da validira sledeći blok. Suštinski, učesnik kome je dodeljena najmanja vrednost biva izabran za validaciju. Algoritam uključuje što veći broj učesnika u proces izbora sledećeg validatora i na jednostavan način je u mogućnosti da proveriti da li je svaki od učesnika čekao tačno vreme koje mu je dodeljeno pre nego što je započeo sa dodavanjem novog bloka.

Hyperledger Sawtooth platforma poseduje komponentu koja emituje događaje (eng. events) koji uključuju informacije o operacijama koje su izvršene u sistemu. Na primer, kada je novi blok dodat u blokčejn emituje se događaj i svi klijenti koji su se pretplatili na ovu vrstu

dogadaja dobijaju informaciju o tome. Dodatno, putem transakcionih priznanica (eng. transaction receipts) Hyperledger Sawtooth obavestava klijente informacijama koje se tiču izvršavanja transakcija, ali se neće čuvati u globalnom stanju sistema, odnosno na blokčeju.

5. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE I ALATI

Softversko rešenje koje opisuje ovaj rad sastoji se iz nekoliko komponenti i bazira se na Hyperledger Sawtooth platformi. Za potrebe upravljanja zavisnostima između komponenti sistema kao i za jednostavno pokretanje koriste se alati Docker i Docker Compose. Docker je jedna od najpoznatijih platformi putem koje je moguće zapakovati aplikaciju u kontejner. Nakon toga pokretanjem Docker kontejnera na bilo kojoj platformi koja podržava Docker, pokreće se i aplikacija unutar kontejnera. Sve komponente sistema su zapakovane u zasebne kontejnere, i pomoću Docker Compose alata definisane su zavisnosti među njima. Takođe, Docker Compose alat pojednostavljuje upravljanje kontejnerima, odnosno omogućava pokretanje svih kontejnera odjednom, kao i njihovo stopiranje i restartovanje.

Komponenta u kojoj je implementirana poslovna logika aplikacije koristi Rust programski jezik. Rust je jezik visokog nivoa. Ima veoma sličnu sintaksu kao C++, ali za razliku od njega garantuje bezbednost memorije.

Podaci se osim u blokčeju čuvaju i u bazi podataka koju koristi serverska komponenta sa ciljem da ove podatke prikaže korisnicima. Izabrana baza podataka je Rethink. Ova baza podataka korisnicima nudi menadžmentsku konzolu u vidu veb aplikacije pomoću koje je moguće pristupiti podacima u bazi, ali i nadgledati performanse, ulazni i izlazni saobraćaj baze podataka.

Da bi se podaci o izvršenim transakcijama preneli u bazu podataka, implementirana je specijalna komponenta koja je pretplaćena na sve događaje koje emituje Hyperledger Sawtooth platforma. Ova komponenta je implementirana koristeći JavaScript programski jezik.

Serverska komponenta obezbeđuje REST API putem kojeg je moguće pristupiti podacima u bazi podataka. Implementirana je korišćenjem Node.js servera i JavaScript programskog jezika. Node.js je okruženje otvorenog koda, koja korisnicima omogućava da u JavaScript-u pišu alate komande linije kao i skripte koje će se izvršavati na serverskoj strani, odnosno van pretraživača.

Klijentska aplikacija je implementirana kao veb aplikacija korišćenjem JavaScript programskog jezika i Mithril.js biblioteke. Mithril je moderna JavaScript biblioteka namenjena za izradu veb aplikacija koje se sastoje iz jedne stranice (eng. Single Page Application). Ova biblioteka je mala i u poređenju sa drugim poznatim JavaScript bibliotekama veoma brza.

6. REŠENJE

Predstavljeno rešenje sastoji se iz nekoliko komponenti. Ulogu distribuirane baze podataka vrši Hyperledger Sawtooth blokčeju platforma. Sistem sadrži specijalizovanu komponentu koja podatke iz Hyperledger Sawtooth platforme prebacuje u bazu podataka. Serverska aplikacija koristi ovu bazu podataka da bi kroz REST API pružila pristup podacima unutar nje. Takođe, serverska aplikacija omogućava slanje zahteva za izvršavanje transakcija na

blokčeju. Poslovna logika koja vrši obradu ovih zahteva nalazi se u posebnoj komponenti, i implementirana je kao familija transakcija koristeći pametne ugovore.

Klijentska aplikacija komunicira sa serverskom aplikacijom kroz REST API sa ciljem da korisnicima omogući pristup podacima i slanje zahteva za promenu globalnog stanja sistema.

Sistem podržava sledeće funkcionalnosti: pregled liste svih organskih proizvoda, filtriranje liste proizvoda, dodavanje novog proizvoda koji će biti praćen kroz lanac nabavke, pregled podataka pojedinačnog proizvoda, ažuriranje podataka proizvoda koji se prate u lancu nabavke, pregled liste svih agenta prisutnih u sistemu, dodavanje novih i brisanje postojećih agenata.

Sistem podrazumeva upotrebu IoT senzora koji su zakačeni za svaki proizvod koji se prati i direktno koriste REST API da bi ažurirali podatke o proizvodu. Uloga IoT senzora je simulirana koristeći skripte napisane u JavaScript jeziku.

7. ZAKLJUČAK

Tokom izrade opisanog sistema Hyperledger Sawtooth platforma se pokazala kao veoma pogodna za implementaciju aplikacija koje podržavaju lance nabavke. Ona programerima omogućava da se skoncentrišu na implementaciju poslovne logike sistema, koristeći potpuni potencijal blokčeju tehnologije.

Glavna prednost primene sistema baziranog na blokčeju u implementaciji softvera za podršku lancu nabavke je što, ne samo korisnicima, već i svim ostalim učesnicima u lancu pruža potpunu transparentnost nad podacima i garantuje njihovu tačnost i sigurnost. Na ovaj način su korisnici sigurni u ono što kupuju, ali su na primer i preprodavci sigurni da prodaju proverene proizvode.

8. LITERATURA

- [1] Dr Dušan Gajić, *Materijali sa predmeta Paralelni i distribuirani algoritmi i strukture podataka*, dostupno na: <http://www.acs.uns.ac.rs/sr/node/237/4468699>, poslednji pristup oktobar 2021.
- [2] *Bitcoin*, dostupno na: <https://bitcoin.org/en/>, poslednji pristup avgust 2021.
- [3] *Ethereum*, dostupno na: <https://ethereum.org/en/>, poslednji pristup oktobar 2021.
- [4] *CAP*, dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/CAP_theorem, poslednji pristup jul 2021.
- [5] *Blockchain Consensus*, dostupno na: <https://devopedia.org/blockchain-consensus>, poslednji pristup mart 2020.
- [6] *Distributed Ledger Technology*, dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_ledge, poslednji pristup mart 2020.

Kratka biografija:

Stefan Veselinović rođen je u Novom Sadu, Republika Srbija, 24. novembra 1994. godine. Osnovne akademske studije je upisao na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu 2013. godine. Diplomirao je 2017. godine.