

Što nam Google trends može reći o volumenu trgovanja Bitcoinom u Hrvatskoj? Primjena Grangerove analize uzročnosti

Livaić, Tea

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:321412>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**

Repository / Repozitorij:

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova Veleučilišta u Šibeniku](#)



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL MENADŽMENTA
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MENADŽMENT

**Što nam Google trends može reći o volumenu trgovanja Bitcoinom u
Hrvatskoj? Primjena Grangerove analize uzročnosti**

Tea Livaić

Završni rad

ŠIBENIK, 2018.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL MENADŽMENTA
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MENADŽMENT

**Što nam Google trends može reći o volumenu trgovanja Bitcoinom u
Hrvatskoj? Primjena Grangerove analize uzročnosti**

Tea Livić

Završni rad

KOLEGIJ: Statistika

MENTOR: dipl.ing.mat., univ.spec.oec Ana Perišić, v.pred.

IME I PREZIME: bacc. oec. Tea Livić

MATIČNI BROJ: 1219044042

ŠIBENIK, kolovoz 2018.

SADRŽAJ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. KRIPTOVALUTE | 3 |
| 2.1. <i>Blockchain</i> | 4 |
| 2.2. <i>Mining</i> | 6 |
| 2.2.1. „ <i>Proof of work</i> “ | 8 |
| 2.2.2. „ <i>Proof of stake</i> “ | 8 |
| 2.3. Bitcoin | 9 |
| 2.3.1. Altcoin | 12 |
| 2.3.2. Token..... | 12 |
| 3. STATISTIČKA METODOLOGIJA | 13 |
| 3.1. Vremenski niz..... | 13 |
| 3.2. Testiranje hipoteza o parametru | 13 |
| 3.2.1. Postavljanje hipoteza i mogućnost pogreške | 14 |
| 3.2.2. Provođenje rezultata | 15 |
| 3.2.3. P-vrijednost i donošenje odluke | 16 |
| 3.3. Testiranje hipoteze o jednakosti varijanci (<i>F</i> -test) | 16 |
| 3.4. Grangerova uzročnost..... | 18 |
| 3.4.1. Stacionarnost vremenskih nizova | 19 |
| 4. GOOGLE TRENDS | 21 |
| 4.1. Dosadašnja istraživanja | 22 |
| 4.2. Pretraživanje pojmova na Google Trendovima | 23 |
| 5. ANALIZA | 29 |
| 5.1. Širi set podataka | 30 |
| 5.1.1. Analiza stacionarnosti varijabli | 30 |
| <i>Izvor: Izračun autora</i> | 30 |
| <i>Izvor: Izračun autora</i> | 31 |
| 5.1.2. Odabir duljine pomaka u VAR-u | 31 |
| Pri odabiru optimalne duljine pomaka korišteno je više kriterija kako je opisano u donjoj tablici. | |
| | 31 |
| <i>Izvor: Izračun autora</i> | 31 |
| 5.1.3. VAR model..... | 32 |
| <i>Izvor: Izračun autora</i> | 32 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.1.4. | Analiza autokorelacije reziduala i stabilnosti modela | 32 |
| 5.1.5. | Analiza uzročnosti modela | 33 |
| 5.2. | Uži set podataka | 35 |
| 5.2.1. | Analiza stacionarnosti/ređa integriranosti | 36 |
| 5.2.2. | Analiza uzročnosti modela | 37 |
| 6. | ZAKLJUČAK | 38 |
| | LITERATURA | 39 |

Što nam Google trends može reći o volumenu trgovanja Bitcoinom u Hrvatskoj? Primjena Grangerove analize uzročnosti

TEA LIVAIĆ

Kralja Krešimira IV 38, 22213 Pirovac, livaic.tea@gmail.com

U doba suvremene tehnologije, digitalizacija preuzima ulogu klasičnog modela trgovanja te ga seli u virtualni svijet. U skladu s time se pojavila potreba za stvaranjem alternative standardnim fizičkim sredstvima razmjene – kriptovaluta. Kriptovaluta je ime dano sustavu koji upotrebljava kriptografiju kako bi omogućio siguran transfer i razmjenu digitalnih tokena i novčića na distribuiran i decentraliziran način, pri čemu te tokene i novčiće onda možemo mijenjati za standardne valute po njihovim uobičajenim tržišnim vrijednostima.

S obzirom na trenutnu medijsku pozornost usmjerenu na kriptovalute te mogućnost online alata Google Trend kojim se može istražiti traženost određenog ključnog pojma, od interesa je istražiti pretraživanja pojmova povezanih uz kriptovalute, odnosno bitcoin, na području Republike Hrvatske. Primijenjena je Grangerova analiza uzročnosti na užem i širem setu podataka, te se može zaključiti kako upiti ključne riječi „bitcoin“ na online platformi Google u Grangerovom smislu uzrokuju promjene u volumenu trgovanja bitcoinom na online tržištu LocalBitcoins, dok obrnuto ne vrijedi.

(38 stranica / 6 slika / 56 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: bitcoin, Google Trends, LocalBitcoins, kriptovalute, predviđanje, nowcasting

Mentor: dipl.ing., univ.spec.oec Ana Perišić, pred.

Rad je prihvaćen za obranu:

What can Google Trends tell us about Bitcoin Trading volume in Croatia? An application of Granger Causality Test

TEA LIVAIĆ

Kralja Krešimira IV 38, 22213 Pirovac, livaic.tea@gmail.com

In the era of modern technology, the growing impact of digitization moves the classic trading model into the virtual world. Consequently, the need for alternative means of exchange has arisen. This resulted with the development of cryptocurrencies, i.e. systems that are using cryptography to allow the secure transfer and exchange of digital tokens in a distributed and decentralized manner. These tokens can be traded at market rates for fiat currencies.

Given the current media attention focused on cryptocurrencies and the ability of the Google Trends online tool to explore the search for a particular key word, it is of interest to explore search terms related to cryptocurrencies, and especially bitcoin, in the area of the Republic of Croatia. Granger causality tests were applied in order to examine causality between Google search frequencies and Bitcoin trading volume. The results showed that, on the level of Republic of Croatia, “Bitcoin“ keyword Google search volume Granger causes changes in the bitcoin trading volume in the online marketplace LocalBitcoins, however, not vice versa.

(38 pages / 6 figures / 56 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Keywords: bitcoin, Google Trends, LocalBitcoins, cryptocurrency, prediction, nowcasting

Supervisor: dipl.ing.mat., univ.spec.oec Ana Perišić, v.pred.

Paper accepted:

1. UVOD

U doba suvremene tehnologije, digitalizacija preuzima ulogu klasičnog modela trgovanja te ga seli u virtualni svijet. U skladu s time se pojavila potreba za stvaranjem alternative standardnim fizičkim sredstvima razmjene – kriptovaluta. Nadalje, razvoj informatičkih tehnologija omogućio je pristup velikim količinama podataka te su podaci o ekonomskim kretanjima dostupni s kratkim vremenskim odmakom.

Cilj ovog završnog rada je ispitati povezanost pretraživačkih upita putm Google tražilice, na razini Republike Hrvatske na promjene u volumenu trgovanja bitcoinom i kunama na tržištu LocalBitcoins i obrnuto. Analizirana je uzročnost u Grangerovom smislu na temelju pristupa predloženog od autora Toda i Yamamoto (1995).

Ovaj završni rad je podijeljen u šest cjelina. Nakon prvog, uvodnog dijela u drugoj cjelini se definira pojam kriptovalute te ističe razlika između digitalnog novca i kriptovaluta. Nadalje, kako bi se što bolje shvatio princip stvaranja kriptovaluta i vrijednosti koje imaju, potrebno je objasniti funkcioniranje njihove pozadine – blockchain. Glavna karakteristika kriptovaluta je nepostojanje središnje institucije koja ih izdaje ili njima upravlja, a nove kriptovalute se generiraju procesom rudarenja (*mining*). Bitcoin je prva implementacija koncepta pod nazivom „kriptovaluta“ od kojeg su nastale alternativne kriptovalute (*altcoin*) i tokeni.

U trećoj cjelini rada se obrađuje teoretski dio statistike koji je potrebno usvojiti kako bi se provela analiza. Definiiraju se vremenski nizovi, testiranje hipoteza o parametru i o jednakosti varijanci (F-test) te u konačnici se definira Grangerova uzročnost. Četvrta cjelina rada objašnjava i koncept funkcioniranja online platforme Google Trends te primjere dosadašnjih istraživanja koji se temelje na podacima pretraživanja korisnika Google-a.

U petom poglavlju rada se vrši analiza užeg i šireg seta podataka. Prvenstveno je potrebno analizirati stacionarnost vremenskih nizova, nakon čega se odabiru optimalne duljine pomaka na temelju pet kriterija, a VAR modelom se utvrđuje konačna duljina pomaka. Nakon toga slijedi analiza autokorelacije reziduala i stabilnosti modela kako bi se utvrdilo postoji li problem autokoreliranosti reziduala te da li model zadovoljava uvjetima stabilnosti.

Naposlijetku se primjenjuje Grangerova analiza uzročnosti kako bi se utvrdilo može li se pomoću upita ključne riječi „bitcoin“ na Google Trends-u predvidjeti volumen trgovanja bitcoinom na online tržištu LocalBitcoins te se na kraju daje zaključak provedene analize. U zadnjem dijelu rada dana su zaključna razmatranja.

2. KRIPTOVALUTE

Digitalna valuta je široki medij novčane razmjene u kojoj je vrijednost pohranjena i prenosi se elektronički. Virtualne valute i kriptovalute su vrste digitalnih valuta. Digitalne valute mogu uključivati mnoštvo uobičajenih proizvoda kao što su: poklon kartice, kartice popusta na proizvod, nagradni bodovi neke kompanije, novčane nagrade kreditne kartice i sl. Oni imaju sličnu osobinu po tome što imaju vrijednost u stvarnom svijetu i mogu se koristiti za kupnju dobara i usluga. Virtualne valute su centralizirane, internetske valute, koje se koriste kao sredstvo razmjene u okviru virtualnog svijeta. Često su povezane s internetskim igrama ili društvenim medijima te ih koriste članovi određene virtualne zajednice. Kriptovalute su oblik digitalne valute, ali se razlikuju po tome što nisu imenovane službenom valutom i nisu pod kontrolom centraliziranog tijela.¹

Kriptovaluta je ime dano nekom sustavu koji upotrebljava kriptografiju kako bi omogućio siguran transfer i razmjenu digitalnih tokena i novčića na distribuiran i decentraliziran način, pri čemu te tokene i novčiće onda možemo mijenjati za standardne valute po njihovim uobičajenim tržišnim vrijednostima.² Dakle, kriptovalute nisu realan novac, već se radi o internetskom protokolu kojim se prenose podaci s jedne web-lokacije na drugu. Svaki od protokola ima svoju svrhu i vrstu podatka koja se njime šalje. Svrha pojedinog protokola može biti npr. zamjena za tradicionalne valute, „pametni ugovor“³, razmjena datoteka i dr. Glavna razlika između kriptovalute i novca je u tome što su kriptovalute decentralizirane, što znači da ne postoji centralna institucija koja njima upravlja ili ih izdaje. Dok vrijednost fiat valute određuje središnja institucija, vrijednost kriptovalute određuju njeni korisnici (*više u potpoglavlju Blockchain*).

Definicija koja je više tehničkog karaktera govori da su „kriptovalute fizički prethodno kalkulirani podaci koji koriste parove javnih i privatnih ključeva generiranih oko specifičnog enkripcijskog algoritma. Ključ dodjeljuje vlasništvo svakog para ključeva, ili ‚kovanice‘, osobi koja je u posjedu privatnog ključa. Ti parovi ključeva su pohranjeni u datoteci imena ‚wallet.dat‘, koja egzistira u uobičajenom skrivenom direktoriju na tvrdom disku. Privatni

¹ <https://www.grantthornton.co.uk/globalassets/1.-member-firms/united-kingdom/pdf/publication/2016/undisputed-may-2016-crypto-currencies.pdf> (12.02.2018.)

² Turudić D. A., Milić J., Štulina K. (2017.), Korištenje kriptovaluta u međunarodnom poslovanju, Zbornik sveučilišta Libertas, Vol. 1-2 No. 1-2, Zagreb, str. 192

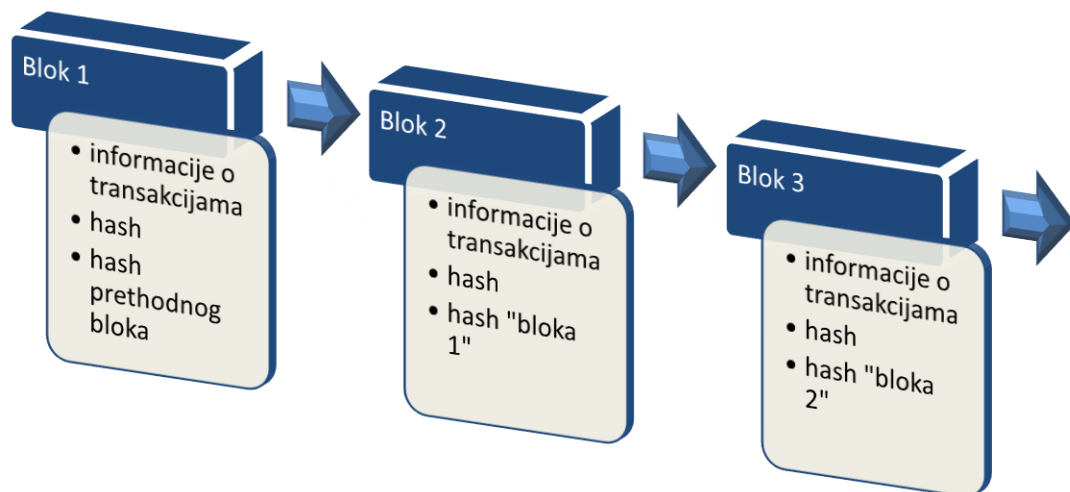
³ Pametni ugovor (*eng. Smart contract*) je kod u programskom jeziku kojime se na lakši način vrši razmjena novca, dionica, nekretnina ili drugih vrijednosti bez posrednika.

ključevi se šalju korisnicima korištenjem adresa dinamične lisnice generiranih od strane korisnika uključenih u transakcije. Odredišna adresa plaćanja je javni ključ para ključeva kriptovalute. Postoji konačni iznos svake kriptokovanice dostupne na mreži, i vrijednost svake jedinice se dodjeljuje temeljeno na ponudi i potražnji, kao i prema fluktuirajućim razinama težine rudarenja svake kovanice.⁴

2.1. Blockchain

Nemoguće je objasniti postojanje kriptovalute, a da se ne spomene *blockchain*. *Blockchain* je pozadina koja osigurava nesmetanost i sigurnost prijenosa i izvršenja nekog posla. *Blockchain* do te mjere čini korak naprijed u samom načinu razmišljanja o sigurnosti, kao i njenoj provedbi, da prema jednom istraživanju 6 od 10 velikih korporacija razmišlja o uvođenju *blockchaina* u svoje poslovanje.⁵

Slika 1. Prikaz blokova u *blockchainu*



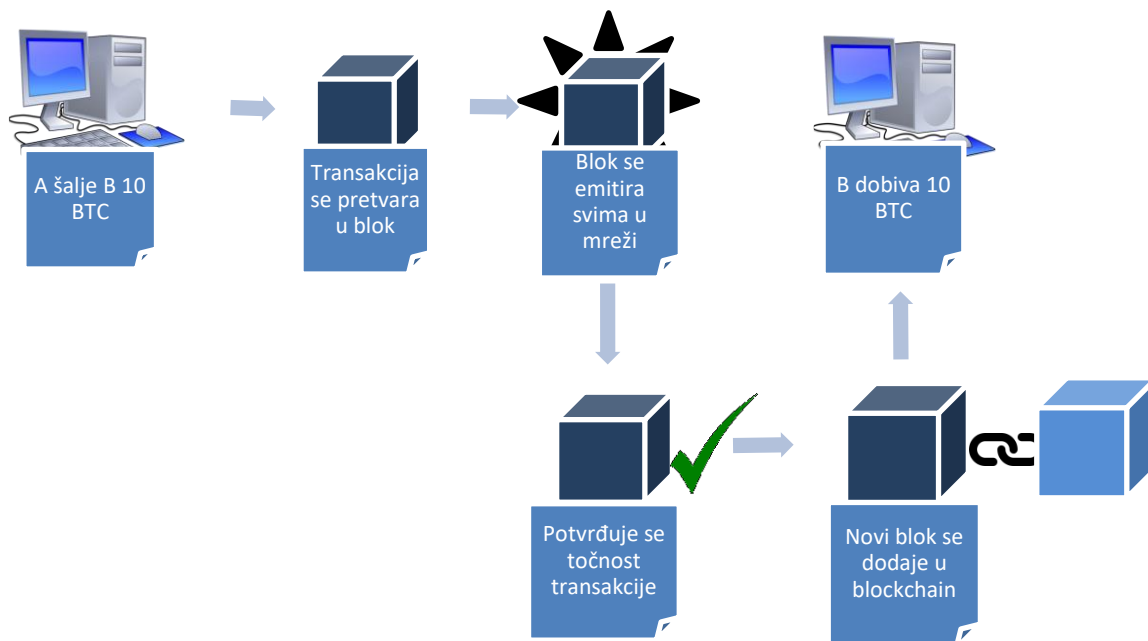
Izvor: Izrada autora

⁴ Turudić D. A., Milić J., Štulina K. (2017.), Korištenje kriptovaluta u međunarodnom poslovanju, Zbornik sveučilišta Libertas, Vol. 1-2 No. 1-2, Zagreb, str. 192

⁵ Turudić D. A., Milić J., Štulina K. (2017.), Korištenje kriptovaluta u međunarodnom poslovanju, Zbornik sveučilišta Libertas, Vol. 1-2 No. 1-2, Zagreb, str. 202

Blockchain se sastoji od niza blokova koji su međusobno povezani. Svaki blok u sebi sadrži informacije kao što su: informacije o transakcijama, *hash* i *hash* prethodnog bloka. *Hash* bi se mogao usporediti s otiskom prsta jer je poput otiska jedinstven i specifičan. *Hash* se generira pomoću posebnog kriptografskog algoritma (npr. kod *bitcoina* se radi o algoritmu pod nazivom SHA256, *ethereum* koristi Ethash algoritam itd.). Svaki blok se referira na prethodni blok i stoga mora sadržavati *hash* svog prethodnog bloka. Redoslijed *hasheva* koji povezuju svaki blok sa svojim prethodnim stvara lanac koji ide sve do prvog bloka ikada stvorenog, poznatog kao „*genesis block*“.

Slika 2. Princip funkcioniranja *blockchaina*



Izvor: Izrada autora

Na primjer, kada osoba A želi osobi B poslati 10BTC (10 bitcoina), tada se ta transakcija predstavlja online kao blok koji se emitira svim strankama u mreži. Tada računala koja rudare bitcoin pomoću svoje snage i električne energije pogađaju *hash* tog bloka. Ono računalo koje to prvo napravi objavljuje svoj rezultat i čeka potvrdu ostalih računala. Ukoliko je dobiveni rezultat točan, gradi se novi blok, a računalo koje je pogodilo rezultat dobiva svoju nagradu u bitcoinu. Na taj način se osigurava transparentnost *blockchaina* i ujedno se stvaraju novi bitcoini.

Iako su moderna računala prilično brza i vrlo lako isprobavaju na tisuće kombinacija u sekundi, to i dalje nije dovoljno brzo jer je potencijalnih kombinacija iznimno velik broj. S vremenom se kompleksnost rješavanja *hasha* bloka povećava te će u budućnosti rudarenje biti sve teže te će time zahtjevati stvaranje sve naprednije tehnologije.

Sve kriptovalute baziraju se na *blockchainu*. *Blockchain* je ono što im omogućava da budu transparentne, definitivne (nemoguće za falsificirati ili duplicirati) i donekle konačne (ograničene u količini). Za razliku od fiat valuta (HRK, EUR, USD, itd.), kriptovalute nije moguće jednostavno naštopati, čak ni ako ste njihov izumitelj.⁶

2.2. Mining

Glavna karakteristika kriptovaluta je nepostojanje središnje institucije koja ih izdaje ili njima upravlja. Kriptovalute se generiraju procesom rudarenja ili razmjenom roba ili usluga.⁷ *Mining* (na hrvatskom „rudarenje“), jednostavnije, predstavlja postupak kojim se provjeravaju sve transakcije unutar protokola kriptovalute na način da se rješavaju komplicirani algoritmi, a zauzvrat se dobije nagrada u obliku jedinice kriptovalute. *Miner*⁸ (na hrvatskom „rudar“) je osoba koja u postupku rudarenja stekne vlasništvo nad novonastalom jedinicom kriptovalute. Dakle, rudarenjem se dodaje nova jedinica kriptovalute u ponudu na tržištu. Rudarenje također služi za osiguranje sustava kriptovaluta od lažnih transakcija ili transakcija koje troše istu količinu kriptovaluta više od jednom, poznatu kao dupla potrošnja. Rudari potvrđuju nove transakcije i zapisuju ih na tzv. „glavnoj knjizi“⁹. Rudari pružaju snagu svog računala sustavu neke kriptovalute, a zauzvrat dobivaju priliku da budu nagrađeni tom kriptovalutom.¹⁰

Rudari dobivaju dvije vrste nagrada za rudarstvo: nove novčiće stvorene svakim novim blokovima i transakcijske naknade iz svih transakcija uključenih u blok. Kako bi zaradili ovu nagradu, rudari se natječu za rješavanje teškog matematičkog problema temeljenog na kriptografskom hash algoritmu.¹¹ Snaga računala mjeri se u broju pogodaka na sekundu: H/s

⁶ <https://bitfalls.com/hr/2017/08/20/blockchain-explained-blockchain-works/> (12.02.2018.)

⁷ Buterin D., Ribarić E., Savić S. (2015.), Bitcoin – nova globalna valuta, investicijska prilika ili nešto treće?, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.3 No.1, Rijeka, str. 148

⁸ *Miner* se može koristiti kao sinonim za računalo koje rudari.

⁹ Glavna knjiga ili *eng. ledger* je vrsta baze podataka sa svim transakcijama (ili drugim podacima) koje se ne čuvaju na jednom mjestu (centralnom serveru), nego na mnogo mjesta.

¹⁰ Antonopoulos A.M, 2010., *Mastering Bitcoin*, O'Reilly Media, Sebastopol, CA, str. 177

¹¹ Isto.

(hash / sec). Ovisno o algoritmu koji se koristi, često je isplativije rudariti grafičkim karticama nego procesorom, pa mnogi kupuju grafičke kartice i grade rudarske strojeve samo od njih.¹²

Slika 3. ASIC *miner*



Izvor: <https://shop.bitmain.com/productDetail.htm?pid=000201801170959500908a6LT4fg0669> (13.02.2018.)

Postoje tri načina rudarenja¹³:

- Rig rudarenje
 - Grupno rudarenje (*eng. mining pool*)
 - Samostalno rudarenje
- „Cloud mining“
- „Browser mining“

Rig rudarenje je način rudarenja u kojem se napravi posebno računalo prilagođeno rudarenju neke kriptovalute. Za rudarenje bitcoina je potrebna posebna vrsta računala (ASIC *miner*), a za rudarenje *altcoina* je potrebno računalo koje ima snažne grafičke kartice. U današnje vrijeme je teško biti samostalni rudar zbog kompleksnosti rješavanja zadataka te se sve više rudara udružuju u tzv. *mining pool-ove* jer na taj način povećavaju svoju vjerojatnost rješavanja zadatka i, najvažnije, zarade. „*Cloud mining*“ je vrsta rudarenja u kojoj jedna strana posjeduje računalo za rudarenje kriptovalute te ga stavlja na raspolaganje drugoj strani uz određenu naknadu. „*Browser mining*“ predstavlja vrstu rudarenja pri kojoj jedna strana u skriptu određene internetske stranice koja joj je dostupna, ubacuje kod koji pri otvaranju te stranice od druge strane koristi dostupne resurse za rudarenje, odnosno, trenutno nekoristeni

¹² <https://bitfalls.com/hr/2017/10/12/mining-investing-cryptocurrency-better/> (12.02.2018.)

¹³ Isto.

dio procesorske ili druge snage računala druge strane, za rudarenje određene kriptovalute pri čemu ostvaruje zaradu, a da druga strana toga nije ni svjesna. Takav način rudarenja je aktivan samo dok je stranica otvorena u pretraživaču (*eng. browser*) druge strane.

2.2.1. „*Proof of work*“¹⁴

Proof-of-work (dokaz rada) je zapravo proces rudarenja kriptovaluta. Prednost tog procesa je pozitivan utjecaj na ekonomiju na način da se ulaže u vanjske faktore, odnosno električnu energiju i hardver. Time se potiče stvaranje novih i boljih tehnologija te veće iskorištavanje električne energije (npr. Kina ima mnogo neiskorištenih hidroelektrana). Nadalje, prednost rudarenja je jednostavan „*pool mining*“ jer je isplativije rudariti zajedno s više uparenih računala, čime se povećava vjerojatnost zarade rudara, za razliku od „*proof of stake*“ metode. Pod nedostacima „*proof of work*“ metode se može smatrati nemogućnost rudarenja na malim uređajima kao što su tableti i pametni telefoni, zbog toga što nemaju potreban kapacitet snage koji je nužan za pogađanje *hasha* bloka neke kriptovalute i uvelike se povećava potrošnja baterije te uređajima onemogućuje njihove primarne funkcije. Također, proces rudarenja zahtjeva veliku potrošnju električne energije što predstavlja veliki trošak za rudara.

2.2.2. „*Proof of stake*“¹⁵

Proof-of-stake (dokaz uloga) je metoda kojom se ne rješavaju komplicirani algoritmi te nije potrebno snažno računalo i velika količina električne energije. Naime, radi se o metodi u kojoj se nasumično odabire jedna osoba (autorizator) koja posjeduje veći broj kriptovalute. Što duže osoba posjeduje kriptovalutu na svom računu, veća je vjerojatnost da će biti odabrana. Tada autorizator ulaže određenu količinu kriptovalute i garantira da će ispravno i istinito potvrđivati transakcije. Kada autorizator odobri transakciju, šalje ju ostalim odabranim autorizatorima koji trebaju potvrditi transakciju. Za obavljeni posao autorizator uzima proviziju. Iako se ovom metodom ne pogađaju komplicirani algoritmi, i dalje je osigurana transparentnost *blockchaina* jer veliki broj autorizatora mora potvrditi transakciju. Prednosti

¹⁴ <https://bitfalls.com/hr/2017/10/12/mining-investing-cryptocurrency-better/> (12.02.2018.)

¹⁵ Isto.

metode *proof of stake* je brzina obrade transakcija te ne šteti okolišu kao *proof of work* metoda koja zahtjeva veliku količinu struje. Također, moguće je korištenje malih uređaja za potvrđivanje transakcija jer taj proces ne zahtjeva veliki kapacitet snage uređaja. Nedostaci su što *proof of stake* ne zahtjeva ulaganje u vanjske faktore te autorizatori mogu biti samo oni koji već posjeduju veliku količinu kriptovalute.

2.3. Bitcoin

Bitcoin je *Peer-to-Peer* sustav koji se temelji na složenim kriptografskim algoritmima. *Peer-to-peer* označava mrežu u kojoj nema središnjeg autoriteta koji izdaje novi novac ili prati transakcije. Zadacima u takvoj mreži upravljaju kolektivno čvorovi mreže. Kao najveće prednosti takvog sustava moguće je istaknuti jednostavan prijenos novca preko interneta, bez posrednika, pri čemu treća strana ne može spriječiti ili upravljati korisnikovim transakcijama. U bitcoin sustavu ne postoji središnja banka koja izdaje novac te čuva i obrađuje transakcije, niti postoji jedinstveni vlasnik bitcoin mreže. Ključna razlika bitcoina u odnosu na centralizirane sustave proizlazi iz činjenice da svaki korisnik ima uvid u svoje transakcije i transakcije ostalih sudionika. Svaka transakcija sadrži digitalni potpis korisnika koji ju je započeo.¹⁶ Jedan se bitcoin može potrošiti u razdjelnim inkrementima koji mogu iznositi do 0,00000001 BTC po transakciji. Najmanji inkrement bitcoina nazvan je Satoshi, prema autoru originalnog dokumenta u kojem se prvi put spominje.¹⁷

Bitcoin je prva implementacija koncepta pod nazivom „kriptovaluta“, koju je prvi puta opisao Wei Dai 1998. godine na mailing listi „*Cypherpunks*“, sugerirajući ideju novog oblika novca koji koristi kriptografiju kako bi kontrolirao njegovo stvaranje i transakcije, umjesto središnje vlasti.¹⁸ Bitcoin je prvi puta spomenut 2009. godine u članku objavljenom na mailing listi „*Cypherpunks*“ pod pseudonimom Satoshi Nakamoto (jedna osoba ili grupa ljudi), čiji je identitet još uvijek nepoznat. *Bitcoin* 2009. godine nije imao vrijednost, a iduće godine je njegova prosječna cijena bila svega 0,39\$ kada je zabilježena i prva transakcija bitcoinom. Radilo se o programeru Laszlu Hanyeczju koji je 2010. godine za 10 000 BTC kupio dvije pizze. U ovom trenutku (12.02.2018.) je vrijednost samo jednog bitcoina oko 51 000 kuna što

¹⁶ Buterin D., Ribarić E., Savić S. (2015.), Bitcoin – nova globalna valuta, investicijska prilika ili nešto treće?, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.3 No.1, Rijeka, str. 149

¹⁷ Turudić D. A., Milić J., Štulina K. (2017.), Korištenje kriptovaluta u međunarodnom poslovanju, Zbornik sveučilišta Libertas, Vol. 1-2 No. 1-2, Zagreb, str. 195

¹⁸ <https://bitcoin.org/en/faq#who-created-bitcoin> (12.02.2018.)

znači da bi ta transakcija danas bila vrijedna cca. 517 milijuna kuna. Krajem 2010. su se počele pojavljivati prve *alternative bitcoinu*, poput *litecoina*, a ujedno se tada pojavila i prva javna bitcoin burza.¹⁹

Značajniji razvoj bitcoina počinje u 2011. godini kada je zabilježen prvi veći porast vrijednosti na oko 30 američkih dolara. Nadalje, krajem 2012. WordPress je postala prva veća kompanija koja je prihvatila plaćanje bitcoinom. Ostali, poput Newegg.com, Expedie i Microsofta bili su iza nje. Iako danas ostale kriptovalute nisu toliko raširene ni prihvaćene kao načini plaćanja, aktivne razmjene omogućavaju korisnicima da ih zamjene za bitcoine ili *fiat* valute, što omogućava potrebnu likvidnost i fleksibilnost.²⁰

U fazi uzleta najveća pozornost na bitcoin bila je usmjerena za vrijeme ciparske financijske krize 2013. godine, kada je vrijednost jednog bitcoina premašila 250 dolara.²¹ Zbog krize ciparskih banaka je sve više ljudi povuklo svoju štednju iz tih banaka te je novac bio uložen u kupovinu bitcoina. U tom razdoblju se naglo povećao broj korisnika i broj transakcija bitcoinom te su se pojavile i prve online mjenjačnice kriptovaluta. Također, sve je više poduzeća počelo prihvaćati bitcoin kao sredstvo plaćanja, a kada ga je prihvatio i jedan od najvećih kineskih internetskih gigantata došlo je do naglog rasta cijene. Potom je i u Kini otvorena prva bitcoin mjenjačnica, koja je po ostvarenom prometu bila veća od do tada najpopularnije japanske Mt. Gox i europskog Bitstampa. U istom razdoblju u Kanadi je postavljen prvi bitcoin bankomat. U studenom 2013. godine bitcoin je priznat kao legitimno sredstvo plaćanja u SAD-u, što uzrokuje rast do 1.099 dolara.²² Ubrzo dolazi do pada vrijednosti zbog prestanka rada jedne od najpoznatijih bitcoin mjenjačnica Mt. Gox u Japanu u kojoj se odvijalo više od 70% svih bitcoin transakcija širom svijeta. Kroz 2014. i 2015. godinu nije bilo značajnih promjena, ali vrijednost počinje opet postupno rasti kroz 2016. godinu te je krajem 2017. godine u jednom trenutku dostigao vrijednost od 20 000\$, a kao razlog se pretpostavlja velika medijska pažnja usmjerena na kriptovalute zbog čega dolazi do masovnog trgovanja.

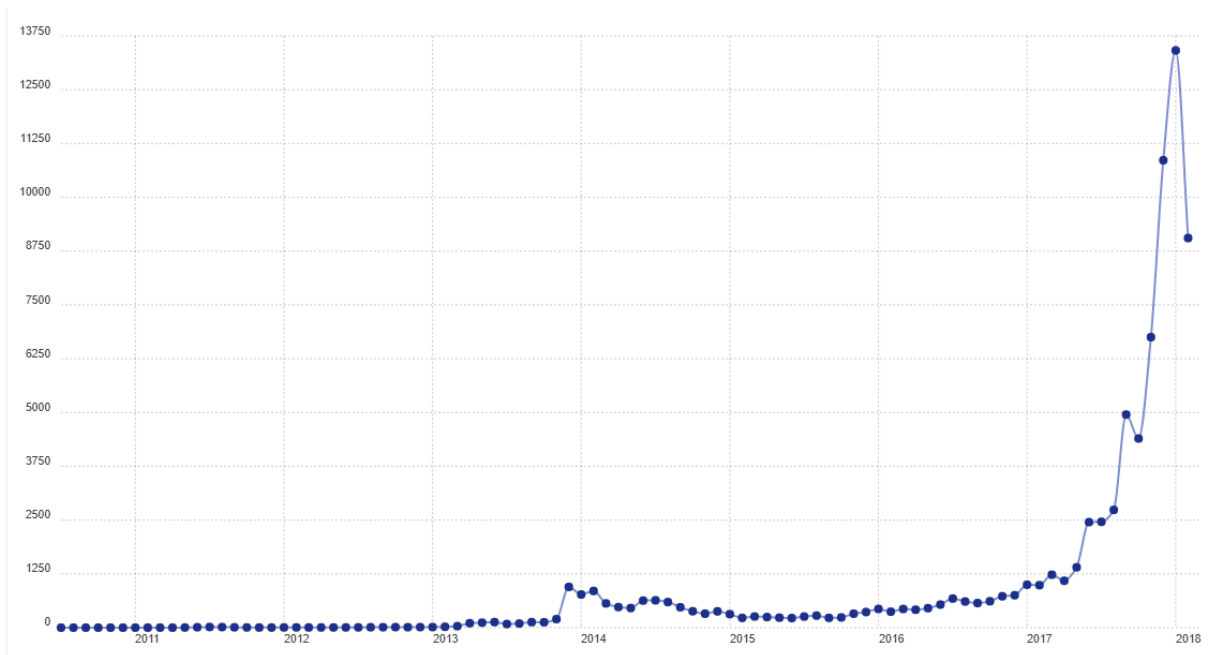
Slika 4. Prosječna vrijednost bitcoina od 2010. do siječnja 2018. godine (vrijednost u \$)

¹⁹ Turudić D. A., Milić J., Štulina K. (2017.), Korištenje kriptovaluta u međunarodnom poslovanju, Zbornik sveučilišta Libertas, Vol. 1-2 No. 1-2, Zagreb, str. 195

²⁰ Isto.

²¹ Buterin D., Ribarić E., Savić S. (2015.), Bitcoin – nova globalna valuta, investicijska prilika ili nešto treće?, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol.3 No.1, Rijeka, str. 151

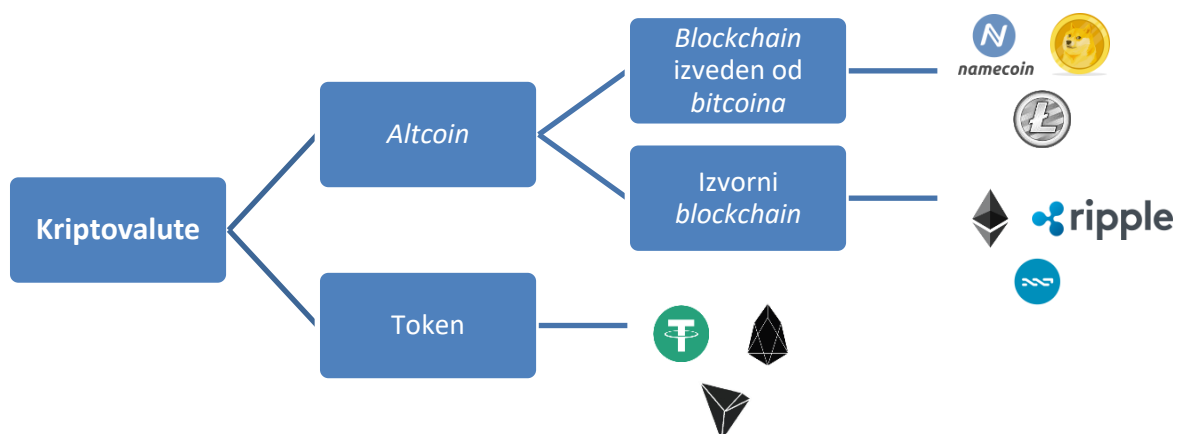
²² Isto.



Izvor: <http://www.in2013dollars.com/bitcoin-price> (15.02.2018.)

Budući da je tzv. “svemir“ kriptovaluta nastao upravo bitcoinovim stvaranjem, svi ostali „novčići“ koji su nastali nakon bitcoinovog stvaranja se smatraju kriptovalutama. Na slijedećem grafu je prikazana podjela kriptovaluta.

Slika 5. Podjela kriptovaluta



Izvor: izrada autora prema: <https://masterthecrypto.com/differences-between-cryptocurrency-coins-and-tokens/> (15.02.2018.)

2.3.1. Altcoin

Alternativne kriptovalute (*eng. Alternative cryptocurrency coin*) ili jednostavnije *altcoin* označavaju kriptovalute koje su nastale kao alternativa bitcoinu. Kreiranje altcoina je jednostavno, zbog čega ih sada ima više od 1000. Većina altcoina se vrlo malo razlikuje od bitcoina te ne nude ništa što je vrijedno proučavanja. Mnogi od njih su zapravo samo pokušaji da se njihovi kreatori obogate. Osim navedenih kopija i „*Pump-and-dump*“²³ shema postoje *altcoinovi* koji su iznimke te sadrže inovacije u svom sustavu. Takvi altcoini sadrže radikalno različite pristupe ili dodaju značajne novitete u bitcoinovoj strukturi.²⁴ Primjeri altcoina koji su nastali dodavanjem posebnih značajki u bitcoinovoj strukturi su: *Namecoin*, *Litecoin*, *Dogecoin*, *Peercoin*, *Auroracoin* i dr. Primjer *altcoinova* koji su stvorili vlastiti *blockchain* i protokol su: *Ethereum*, *Ripple*, *Omni*, *Waves*, *Nxt*, *Counterparty* i ostali.

Postoje tri osnovna principa po kojima se *altcoini* razlikuju od bitcoina²⁵:

- Različita monetarna politika
- Različiti *Proof-of-Work* (dokaz rada) ili mehanizam dogovaranja unutar *blockchaina*
- Posebne značajke poput jake anonimnosti

2.3.2. Token

Token (u kontekstu kriptovaluta) je prikaz određene imovine ili usluge koja se obično nalazi na vrhu određenog *blockchaina*. Tokeni mogu u osnovi predstavljati svu imovinu koja se može zamijeniti ili prodati, od robe, bodova lojalnosti do čak i drugih kriptovaluta. Stvaranje tokena je mnogo lakši proces jer se ne moraju mijenjati kodovi iz određenog protokola ili izraditi novi *blockchain*. Tokeni se stvaraju na temelju protokola koji dozvoljava njihovo stvaranje na temelju svog *blockchaina* (npr. *Ethereum* protokol dozvoljava stvaranje tokena). Glavna razlika između *altcoina* i tokena je u njihovoj strukturi. *Altcoini* su zasebne valute s vlastitim zasebnim *blockchainom* dok tokeni djeluju na vrhu postojećeg *blockchaina* i time olakšavaju stvaranje decentraliziranih zahtjeva.

²³ „*Pump-and-dump*“ je shema kojom se pokušava povećati vrijednost valuta putem uvjerenja na temelju lažnih, obmanjujućih ili uvelike pretjeranih izjava i akcija na tržištu kako bi se postigla zarada.

²⁴ Antonopoulos A.M., 2010., *Mastering Bitcoin*, O'Reilly Media, Sebastopol, CA, str. 223

²⁵ Isto.

3. STATISTIČKA METODOLOGIJA

3.1. Vremenski niz

Vremenski niz je skup kronološki uređenih vrijednosti varijable koja predočuje neku pojavu ili statistički proces u vremenu. Vrijednosti koje tvore niz nazivaju se članovima niza, a odnose se na jednake vremenske intervale ili jednako udaljene vremenske točke. Broj članova niza pokazuje njegovu duljinu.²⁶ Razlikujemo dvije vrste vremenskih nizova s obzirom na vremensku definiciju. Ako se veličina pojave mjeri u vremenskom intervalu, kažemo da se radi o intervalnom vremenskom nizu. Intervalni vremenski nizovi mogu se kumulirati. Ukoliko se mjerenje ili promatranje vrši u trenutku vremena, kažemo da se radi o trenutačnom vremenskom nizu. Trenutačni vremenski nizovi ne mogu se kumulirati.²⁷

Vremenski nizovi mogu se grafički prikazati s dvije vrste grafikona: linijski i površinski (histogram). Trenutačni vremenski nizovi ne mogu se prikazati pomoću površinskog grafikona, jer takvi nizovi predstavljaju stanje neke pojave ili više pojava u vremenskom trenutku, za razliku od intervalnih nizova gdje je vrijednost pojave prikazana u određenom vremenskom intervalu. Za grafičko prikazivanje trenutačnog vremenskog niza koristi se linijski grafikon. Vrijednosti pojave nanose se u trenutku u kojemu se pojava snima. Grafički prikaz može biti na grafikonu s aritmetičkim sredinama ili s logaritamskim mjerilom na osi ordinata.²⁸

3.2. Testiranje hipoteza o parametru

Statistička hipoteza je tvrdnja o veličini parametra θ ili o obliku distribucije osnovnog skupa čija se vjerodostojnost ispituje pomoću slučajnog uzorka. Postupak ili pravilo kojim se donosi odluka o prihvaćanju ili neprihvaćanju tvrdnje na temelju podataka iz slučajnog uzorka naziva se testiranje statističkih hipoteza²⁹. Pri provođenju parametarskih testova polazi se od danog

²⁶ Šošić, I. (2006.) Primijenjena statistika, Školska knjiga, d.d., Zagreb, str. 549.

²⁷ Rozga A. (2009.), Statistika za ekonomiste, 5. Izdanje, Ekonomski fakultet Split, Split, str. 263

²⁸ Rozga A. (2009.), Statistika za ekonomiste, 5. Izdanje, Ekonomski fakultet Split, Split, str. 264

²⁹ Šošić, I. (2006.) Primijenjena statistika, Školska knjiga, d.d., Zagreb, str. 237

oblika i karakteristika distribucije numeričke varijable u osnovnom skupu, odnosno o osobitosti *sampling* distribucije³⁰.

Sam postupak testiranja provodi se u nekoliko faza odnosno koraka koji su karakteristični za svaki statistički test. Ti su koraci sljedeći:

- 1) određivanje sadržaja nulte i alternativne hipoteze
- 2) identificiranje izraza za testnu veličinu i izračunavanje njezine vrijednosti
- 3) odabir razine značajnosti i određivanje kritičke granice koje dijele područje prihvatanja nulte hipoteze od područja njezina odbacivanja
- 4) donošenje zaključka o ishodu teksta

3.2.1. Postavljanje hipoteza i mogućnost pogreške

Statističku hipotezu standardno označavamo s H . Testirati hipotezu znači donijeti odluku o tome hoćemo li H odbaciti ili prihvatiti. Zbog toga često govorimo o testiranju dviju hipoteza u statističkom testu. Jednu od njih zovemo nul-hipoteza i označavamo s H_0 , a drugu alternativna hipoteza i označavamo s H_1 . Alternativna hipoteza je ona koju prihvaćamo u slučaju odbacivanja nul-hipoteze.³¹ Statistički test koji ćemo koristiti za testiranje statističke hipoteze dizajniran je tako da korištenjem informacija iz prikupljenih podataka o realizacijama slučajne varijable donosimo odluku o odbacivanju nul-hipoteze u korist alternativne hipoteze ili neodbacivanju nul-hipoteze. Uočimo da nul-hipoteza i alternativna hipoteza u ovoj formulaciji nisu ravnopravne, npr. nigdje nije napisano da prihvaćamo nul-hipotezu. Razlog za ovakvo neobično izražavanje leži u činjenici da se odlučivanje u statističkom testu provodi uz toleranciju malih vjerojatnosti pogrešne odluke.³²

Pogreška tipa I. nastaje kad se odbaci istinita nulta hipoteza, a ako se nulta hipoteza prihvati, premda je lažna, učinit će se *pogreška tipa II*. Vjerojatnost nastupa *pogreške tipa I.* označava se sa α i zove se razina značajnosti (signifikantnosti) testa. Vjerojatnost nastupa pogreške tipa

³⁰ *Sampling* distribucija je distribucija karakteristika svih k mogućih uzoraka veličine n , iz osnovnog skupa veličine N .

³¹ Benšić M., Šuvak N. (2013.), Primijenjena statistika, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek, str. 110

³² Isto.

II. naziva se β . Vjerojatnost odbacivanja lažne nulte hipoteze naziva se snagom statističkog testa. Ta je vjerojatnost jednaka $(1 - \beta)$.³³

Tablica 1. Situacije pri testiranju nul-hipoteze

| Odluka u svezi nul-hipoteze | Stvarno stanje nul-hipoteze | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Istinita | Lažna |
| Odbacujemo nul-hipotezu | Greška tipa I (α) | Ispravan zaključak |
| Prihvaćamo nul-hipotezu | Ispravan zaključak | Greška tipa II (β) |

Izvor: Rozga A. (2009.), Statistika za ekonomiste, 5. Izdanje, Ekonomski fakultet Split, Split, str. 139

3.2.2. Provođenje rezultata

Kod testiranja hipoteze o parametru ključna su tri pokazatelja, a to su³⁴:

- veličina uzorka
- standardna devijacija populacije
- smjer testiranja hipoteza

Kod korištenja parametarskih testova, ako je u uzorku više od trideset članova ($n > 30$) riječ je o velikom uzorku i testu velikim uzorkom (z -test). Kad je u uzorku trideset i manje članova ($n \leq 30$), uzorak je malen, a test je pomoću malog uzorka (t -test)³⁵. Standardna devijacija populacije je gotovo uvijek nepoznata veličina pa se koristi standardna devijacija iz prethodnih istraživanja ili se procjenjuje na temelju standardne devijacije uzorka. Odabir statističkih testova ovisi i o smjeru testiranja hipoteza. Ako se pretpostavlja da je parametar populacije upravo jednak nekoj pretpostavljenoj vrijednosti, primjenjuje se dvosmjernan test. Ako se pretpostavlja da je parametar manji od neke pretpostavljene vrijednosti, provodi se jednosmjerni test na donju granicu, a ako se pretpostavlja da je parametar populacije veći od neke pretpostavljene vrijednosti, provodi se jednosmjerni test na gornju granicu³⁶.

³³ Dumičić K. i sur., (2006.) Poslovna statistika, Element d.o.o., Zagreb, str. 276.

³⁴ Horvat J., Mijoč J., (2012.) Osnove statistike, Ljevak, Zagreb, str. 413.

³⁵ Šošić, I., (2006.) Primijenjena statistika, Školska knjiga, Zagreb, str. 238.

³⁶ Dumičić K. i sur., (2006.) Poslovna statistika, Element d.o.o., Zagreb, str. 276.

3.2.3. P-vrijednost i donošenje odluke

Teorijska razina signifikantnosti (α) sastavni je element plana testa. Ona predočuje odabranu vjerojatnost odbacivanja istinite nulte hipoteze. Empirijska razina signifikantnosti ili opažena razina signifikantnosti (*p-vrijednost*) jest vjerojatnost odbacivanja istinite nulte hipoteze izračunata pomoću podataka iz uzorka, odnosno test-veličine.³⁷ Izračunatu p-vrijednost uspoređujemo s nivoom značajnosti α . U slučaju da je $p < \alpha$, odbacujemo nul-hipotezu na nivou značajnosti α i prihvaćamo alternativnu hipotezu H_1 . Ako je $p > \alpha$, zaključujemo da nemamo dovoljno informacija koje bi poduprle odluku o odbacivanju nul-hipoteze.³⁸

Prilikom testiranja hipoteza statističari izbjegavaju donositi apsolutne i u potpunosti neporecive zaključke iz razloga jer se testiranje hipoteza temelji na pokazateljima uzorka. Dakle, ne donose se egzaktni zaključci po kojima se nulta hipoteza prihvaća, već se radije zaključuje kako se nulta hipoteza ne može odbaciti zbog toga što je apsolutno prihvaćanje i odbacivanje hipoteza dopušteno samo ako se odluka temelji na podacima cjelokupne populacije³⁹.

3.3. Testiranje hipoteze o jednakosti varijanci (*F*-test)

Ovaj statistički test ima važnu ulogu u primjeni ostalih metoda inferencijalne statistike i neposredno u poslovnom odlučivanju. Tako je jedna od pretpostavki primjene testa razlike aritmetičkih sredina dvaju populacija upravo jednakost varijanci. Varijabilnost je posebno važna u regresijskoj analizi, analizi vremenskih nizova, statističkim metodama odlučivanja u uvjetima rizika i neizvjesnosti, u statističkoj kontroli kvalitete i sl⁴⁰. Postupak testiranja hipoteze se provodi na uobičajeni način.

Pretpostavlja se da vrijednosti $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{n1,1}$ čine slučajni uzorak iz osnovnog skupa $N(\mu_1, \sigma_1^2)$, a vrijednosti $x_{21}, x_{22}, \dots, x_{n2,2}$ slučajni uzorak iz osnovnog skupa $N(\mu_2, \sigma_2^2)$. Varijance osnovnih skupova nisu poznate, a njihove procjene slijede primjenom izraza:

³⁷ Šošić, I., (2006.) Primijenjena statistika, Školska knjiga, Zagreb, str. 248.

³⁸ Benšić M., Šuvak N. (2013.), Primijenjena statistika, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek, str. 114

³⁹ Horvat J., Mijoč J., (2012.) Osnove statistike, Ljevak, Zagreb, str. 338.

⁴⁰ Dumičić K. i sur., (2006.) Poslovna statistika, Element d.o.o., str. 311.

$$\hat{\sigma}_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (x_{i1} - \bar{x}_1)^2}{n_1 - 1}, \quad \hat{\sigma}_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (x_{i2} - \bar{x}_2)^2}{n_2 - 1},$$

Pretpostavi li se da su uzorci nezavisni i izabrani iz normalno distribuiranih osnovnih skupova, tada se može pokazati da se omjer

$$F = \frac{\hat{\sigma}_1^2 / \sigma_1^2}{\hat{\sigma}_2^2 / \sigma_2^2}$$

Ravna po F -distribuciji s $[n_1 - 1, n_2 - 1]$ stupnjeva slobode. Ta se činjenica iskorištava u postupku testiranja hipoteza.

Tablica 2. Hipoteze o varijancama dvaju osnovnih skupova i način donošenja odluka

| Nulta hipoteza | Alternativna hipoteza | Područje prihvatanja | Područje odbacivanja |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | nulte hipoteze | nulte hipoteze |
| $H_0 \dots \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$ | $H_1 \dots \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \neq 1$ | $\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} < F_{\alpha/2}$ ili $\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} > \frac{1}{F_{\alpha/2}}$ | $\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} > F_{\alpha/2}$ ili $\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} < \frac{1}{F_{\alpha/2}}$ |
| $H_0 \dots \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \leq 1$ | $H_1 \dots \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} > 1$ | $\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} < F_\alpha$ | $\frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} > F_\alpha$ |
| $H_0 \dots \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \geq 1$ | $H_1 \dots \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < 1$ | $\frac{\hat{\sigma}_2^2}{\hat{\sigma}_1^2} < F_\alpha$ | $\frac{\hat{\sigma}_2^2}{\hat{\sigma}_1^2} > F_\alpha$ |

Izvor: Šošić, I., (2006.) Primijenjena statistika, Školska knjiga, Zagreb, str. 307.

Testna je veličina omjer procjena varijanci, odnosno empirijski F -omjer, $F = \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2}$.

Teorijska vrijednost F -distribucije utvrđuje se prema razini signifikantnosti α i broju stupnjeva slobode $[n_1 - 1, n_2 - 1]$ iz tablica ili upotrebom računalnog programa. Odluka se donosi usporedbom empirijskog F -omjera s teorijskom vrijednosti $F_{\frac{\alpha}{2}}[n_1 - 1, n_2 - 1]$ za

dvosmjernan test ili $F\alpha[n_1 - 1, n_2 - 1]$ za jednosmjernan test na način prikazan na slici 9. Odluka se još može i donijeti upotrebom empirijske razine signifikantnosti (p -vrijednost)⁴¹.

3.4. Grangerova uzročnost

Kada se govori o uzročnosti u svakodnevnom životu, podrazumijeva se da ako događaj A uzrokuje događaj B , tada događaj B nastupa kao posljedica, odnosno kao rezultat događaja A . Međutim u ekonometrijskom⁴² smislu, uzročnost se razlikuje od uobičajenog pojma uzročnosti. Pod pojmom uzročnosti u ekonometrijskom smislu podrazumijeva se mogućnost jedne varijable da predvidi dinamiku druge varijable. Naime, ukoliko se želi ispitati uzrokuje li pojava X pojavu Y , problem se svodi na ispitivanje koliki se dio dinamike varijable Y u tekućem periodu može objasniti dinamikom same varijable u prethodnim periodima i može li se dinamika pojave Y bolje objasniti ako se u analizu dodaju prethodne vrijednosti varijable X . Može se reći da X uzrokuje Y ako varijabla X poboljšava predikciju varijable Y . Sa statističkog gledišta ta je tvrdnja ekvivalentna statističkoj značajnosti svih pomaka varijable X u jednadžbi dinamike varijable Y . Ovakav oblik uzročnosti naziva se uzročnost u Grangerovom smislu (engl. Granger causality) i pod pojmom uzrokovati se podrazumijeva prethoditi⁴³.

U analizi Grangerove uzročnosti polazi od pretpostavke da sadašnjost ili prošlost ne mogu biti uzrokovane budućnošću. Npr. ukoliko događaj A nastupa nakon događaja B , očito je da A ne može uzrokovati B . S druge strane, ukoliko događaj A nastupa prije događaja B , to nužno ne znači da A uzrokuje B . Ispitivanje uzročnosti po Grangeru je postala popularna metoda u ekonometrijskim analizama.

Najjednostavniji oblik testa provodi se na temelju regresijske jednadžbe definirane formulom:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_j y_{t-j} + e_t$$

⁴¹ Šošić, I., (2006.) Primijenjena statistika, Školska knjiga, Zagreb, str. 307.

⁴² Ekonometrija (engl. *econometrics*, njem. *Ökonometrie*) je grana ekonomske znanosti koja povezuje ekonomsku teoriju, matematičku ekonomiju i metode statističke analize, a bavi se razvijanjem i usavršavanjem metoda i modela za kvantitativnu analizu gospodarske strukture, s ciljem da se ustanove zakonitosti gospodarskih procesa, te da se omogući predviđanje, planiranje i usmjeravanje privrednih tokova.

⁴³ Bahovec, V., Erjavec, N., (2009.) Uvod u ekonometrijsku analizu, Element, Zagreb, str. 351.

Na temelju dane jednadžbe uzročnost u Grangerovom smislu se definira na sljedeći način: varijabla X ne uzrokuje Y u Grangerovom smislu ako su sve vrijednosti parametra α_i u jednadžbi jednake nuli, odnosno ako vrijedi da je $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 0$. Testiranje se, uzrokuje li varijabla X_t varijablu Y_t u Grangerovom smislu, svodi na testiranje skupne značajnosti pomaka varijable X_t u regresijskoj jednadžbi. Test se provodi F-testom, a statistička značajnost barem jednog od pomaka varijable X_t ukazuje da varijabla X_t uzrokuje varijablu Y_t .

3.4.1. Stacionarnost vremenskih nizova

Prije samog provođenja Grangerove analize uzročnosti potrebno je ispitati stacionarnost varijabli.⁴⁴ Jedan od najčešće korištenih testova stacionarnosti je prošireni Dickey-Fuller test (*engl. Augmented Dickey Fuller test*), ADF test. Vremenski niz se smatra stacionarnim u širem smislu ako očekivana vrijednost i varijanca populacije ne ovise o vremenu t , te ako je kovarijanca dvaju članova niza Y_t i Y_{t+s} razmaknutih za s razdoblja ovisi o razmaku s , ali ne o vremenu t .⁴⁵ Jedno od najvažnijih svojstava stohastičkog procesa je svojstvo stacionarnosti. Ključna podjela vremenskih serija jest podjela na stacionarne i nestacionarne vremenske serije. Općenito govoreći stacionarnost je svojstvo vremenske serije čije se kretanje tijekom vremena odvija po ustaljenom obrascu u smislu nepromjenjivosti srednje vrijednosti i varijance. Suprotno, ukoliko su parametri kretanja vremenske serije funkcija vremenskog trenutka, tada je ona nestacionarna. Ova podjela vremenskih serija značajna je zbog razlikovanja vremenskih serija koje se različito ponašaju tijekom vremena, što zahtijeva primjenu različitih metoda analize.⁴⁶

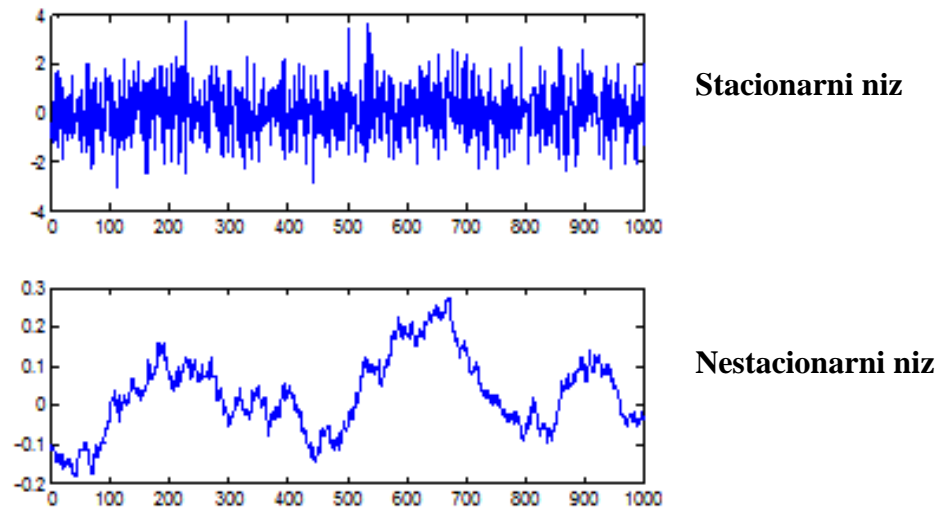
⁴⁴ Bahovec, V., Erjavec, N., (2009.) *Uvod u ekonometrijsku analizu*, Element, Zagreb, str. 354.

⁴⁵ <http://web.efzg.hr/dok/STA/erjavec/P5-stacionarnost.pdf> (16.02.2018.)

⁴⁶ <https://fintu.lumens5plus.com/sites/fmtu.lumens5plus.com/files/104-f2366935121bb3fb70e0525f661bc7fe.pdf> (16.02.2018.)

Primjeri stacionarnih i nestacionarnih nizova su prikazani na donjim grafovima.

Slika 6. Primjer stacionarnog i nestacionarnog niza



Izvor: <https://sites.google.com/site/juaneshurtado/statistical-approach-to-signal-analysis-with-matlab/estimating-mean-and-autocorrelation-of-stationary-processes-1> (16.02.2018)

4. GOOGLE TRENDS

Google Trends je online alat za pretraživanje koji omogućuje korisniku da vidi koliko su često specifične ključne riječi, predmeti i fraze ispitani u određenom vremenskom razdoblju. *Google Trends* radi tako što analizira dio Google pretraživanja kako bi se izračunalo koliko je pretraživanja izvršeno za određene pojmove u odnosu na ukupni broj pretraživanja na Googleu u isto vrijeme.⁴⁷

Rezultati pretraživanja su proporcionalni vremenu i lokaciji upita na način da⁴⁸:

- Svaka točka podataka podijeljena je s ukupnim pretraživanjem geografske lokacije i vremenskog raspona kojeg predstavlja, kako bi se usporedila relativna popularnost. U suprotnom, mjesta s najvećim brojem pretraživanja uvijek bi bila najviša.
- Rezultat predstavlja skalu u raspon od 0 do 100 na temelju proporcije teme za sva pretraživanja na svim temama.
- Različite regije koje pokazuju isti broj pretraživanja pojma neće uvijek imati isti ukupan volumen pretraživanja.

Vrijednost indeksa se temelji samo na udjelu volumena upita za pretraživanje. Ukupni agregirani volumen za određeni upit pretraživanja dobiva se iz određenog zemljopisnog područja, a ljestvica je u rasponu od 0-100, gdje 100 predstavlja vrhunac pretraživanja ili najveću moguću učestalost i intenzitet traženja za određenu stavku koja se pretražuje. Prvi korak u konstrukciji indeksa je izračunavanje omjera novih upita za pretraživanje i ukupnog volumena pretraživanja čime se dobivaju relativne vrijednosti. Vrijednosti se zatim za svako razdoblje dijele s najvećom relativnom vrijednosti. Vrhuncu je dodijeljena vrijednost 100, dok je ostatak podijeljen proporcionalno. Ako je broj upita za pretraživanje nedovoljan, vrijednost indeksa jednaka je nuli.⁴⁹ Također, *Google trends* uklanja ponovljena pretraživanja istog korisnika u kratkom vremenskom razdoblju te filtriraju upite s apostrofima i drugim posebnim znakovima.⁵⁰

Ljestvice popularnosti Google trendova predstavljaju popise osoba, mjesta i stvari iz stvarnog svijeta rangirane prema interesu u pretraživanjima. Na primjer, može se vidjeti popis deset

⁴⁷ <http://whatis.techtarget.com/definition/Google-Trends> (18.02.2018.)

⁴⁸ https://support.google.com/trends/answer/4365533?hl=en&ref_topic=6248052 (18.02.2018.)

⁴⁹ Perišić, A., Kontić, P., Devčić, P., (2015.) Predviđanje dolazaka turista u Republiku Hrvatsku koristeći Google Trend, Veleučilište u Šibeniku, str. 3.

⁵⁰ https://support.google.com/trends/answer/4355213?hl=hr&ref_topic=6248052 (18.02.2018.)

najpretraživanijih glumaca na Googleu tijekom prošlog mjeseca.⁵¹ Ljestvice popularnosti oslanjaju se na tehnologiju Grafikona znanja kako bi utvrdile kada se upiti za pretraživanje odnose na određene osobe, mjesta i stvari iz stvarnog svijeta. Grafikon znanja omogućuje povezivanje pretraživanja s entitetima iz stvarnog svijeta i njihovim atributima. Na primjer, ako se pretražuje pojam „Uskladimo toplomjere“, vjerojatno se traže informacije o glazbenoj skupini TBF ili njihovoj glazbi. No, ako se pretražuje „toplomjer“, vjerojatno se traže informacije o mjernom instrumentu.⁵²

Zbog pravovremenosti Google Trenda, došlo je do niza studija koje ispituju kako se ti podaci mogu koristiti za praćenje ekonomskih trendova u trenutku njihova nastajanja, što je opisano kao "nowcasting" u nekim znanstvenim radovima. Na primjer, Choi i Varian⁵³ pokazali su kako se podaci o internetskom pretraživanju putem Google tražilice mogu koristiti u svrhu predikcije kretanja turističke potražnje, maloprodaje i potražnje za automobilima, dok su Fondeur i Karame⁵⁴ ispitali u kojoj mjeri podaci o internetskom pretraživanju mogu pomoći u predikciji nezaposlenosti u Francuskoj. Također, Google je razvio uslugu praćenja aktivnosti gripe pomoću Google pretraživačkih upita poznatije kao „Google Flu Trends“.

4.1. Dosadašnja istraživanja

Analiza povezanosti Google Trenda i volumena trgovanja ili cijene Bitcoina nije novina. Primjerice, Matta i njezini suradnici (2015) su istraživali povezanost bitcoinove cijene s volumenom „tweetova“ ili rezultatima internetskog pretraživanja. Usporedili su trendove cijena bitcoina s podacima usluge Google Trend i volumenom „tweetova“, a posebno onima koji izražavaju pozitivan sentiment. Pronašli su značajne vrijednosti kros-korelacija, osobito između cijene bitcoina i Google Trend podataka. Ista je grupa autora analizirala je postojeći odnos između volumena trgovanja bitcoinom i volumena pretraživanja na Google Trendovima što je rezultiralo značajnim vrijednostima kros-korelacija, čime su pokazali kako volumen pretraživanja može predvidjeti volumen trgovanja bitcoinom. Kristoufek (2013) je proučavao odnos između cijene bitcoina i interesa za tom kriptovalutom mjeren pretraživačkim upitima na Google Trends-u i učestalosti posjete Wikipediji. Uz postojanje

⁵¹ https://support.google.com/trends/answer/3076011?hl=hr&ref_topic=6248052 (18.02.2018.)

⁵² Isto.

⁵³ Varian H. R., Choi H. (2009) Predicting the present with Google Trends. Google Research

⁵⁴ Fondeur, Y., i Karamé, F. (2012), Can Google data help predict French youth unemployment? Economic Modelling, Vol 30, pp 117-125, ISSN02649993

korelacije, autor je pokazao kako između cijena bitcoina i volumena pretraživačkih upita postoji uzročna povezanost i to dvosmjerna. Naime, autor je pokazao kako volumeni pretraživačkih upita uzrokuju cijenu bitcoina, ali i obrnuto. Kada su cijene bitcoina visoke (iznad trend vrijednosti), tada pojačan interes utječe na još veće povećanje cijena, dok, s druge strane, ukoliko su cijene niske (ispod trend vrijednosti), pojačan interes utječe na daljnje smanjenje cijena uz prisutnost asimetričnosti efekta iskazanih interesa prema bitcoin valuti.

Nadalje, Kaminski (2016) je pokazao značajnu pozitivnu korelaciju između emocionalnih „tweetova“ i cijene zatvaranja, volumena trgovanja i dnevnog raspona cijene bitcoina. Međutim, Grangerovom analizom uzročnosti se ne potvrđuje statistički značajan učinak emocionalnih „tweetova“ („tweetovi“ su kategorizirani kroz pozitivne, negativne signale i signale nesigurnosti) na tržišnu vrijednost bitcoina. Nasuprot tome, analizirani podaci pokazuju da veći volumeni trgovanja bitcoinom uzrokuju u Grangerovom smislu više signala nesigurnosti u vremenskom okviru od 24 do 72 sata. Dakle, emocionalni „tweetovi“ zapravo ne predviđaju stanje na tržištu, već su njegova refleksija.

Kim i njegovi suradnici (2016) analizirali su komentare korisnika na mrežnim zajednicama kriptovaluta kako bi predvidjeli fluktuacije cijena kriptovaluta i broja transakcija. Usredotočili su se na prve tri kriptovalute (s obzirom na tržišni udio) bitcoin, ethereum i ripple, te su zaključili da komentari i odgovori korisnika na mrežnim zajednicama utječu na broj transakcija među korisnicima.

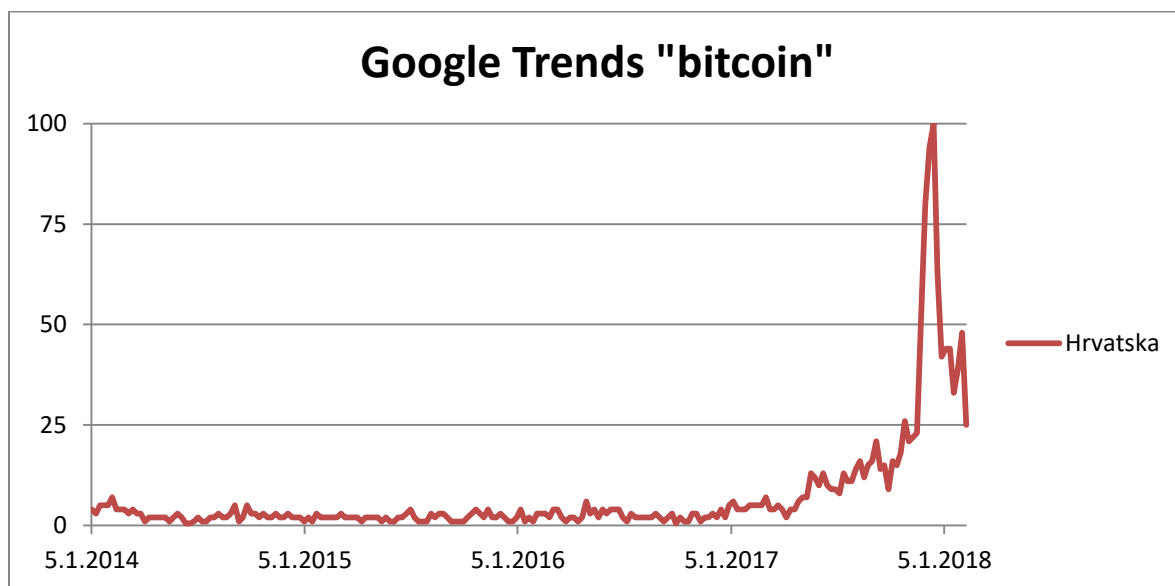
Garcia i suradnici (2014) su kvantificirali četiri društveno-ekonomska signala o bitcoinu iz velikog skupa podataka: cijena na online mjenjačnicama, volumen komunikacije usmenom predajom na online društvenim medijima, volumen pretraživanja informacija i baza korisnika.

4.2. Pretraživanje pojmova na Google Trendovima

S obzirom na trenutnu medijsku pozornost usmjerenu na kriptovalute te mogućnost online alata Google Trend kojim se može istražiti traženost određenog ključnog pojma, od interesa je istražiti pretraživanja pojmova povezanih uz kriptovalute odnosno bitcoin na području RH. Na sljedećim grafovima je prikazana popularnost pojmova „bitcoin“, „cryptocurrency“⁵⁵ i „mining“ na području Republike Hrvatske i globalno od siječnja 2014. do veljače 2018. godine.

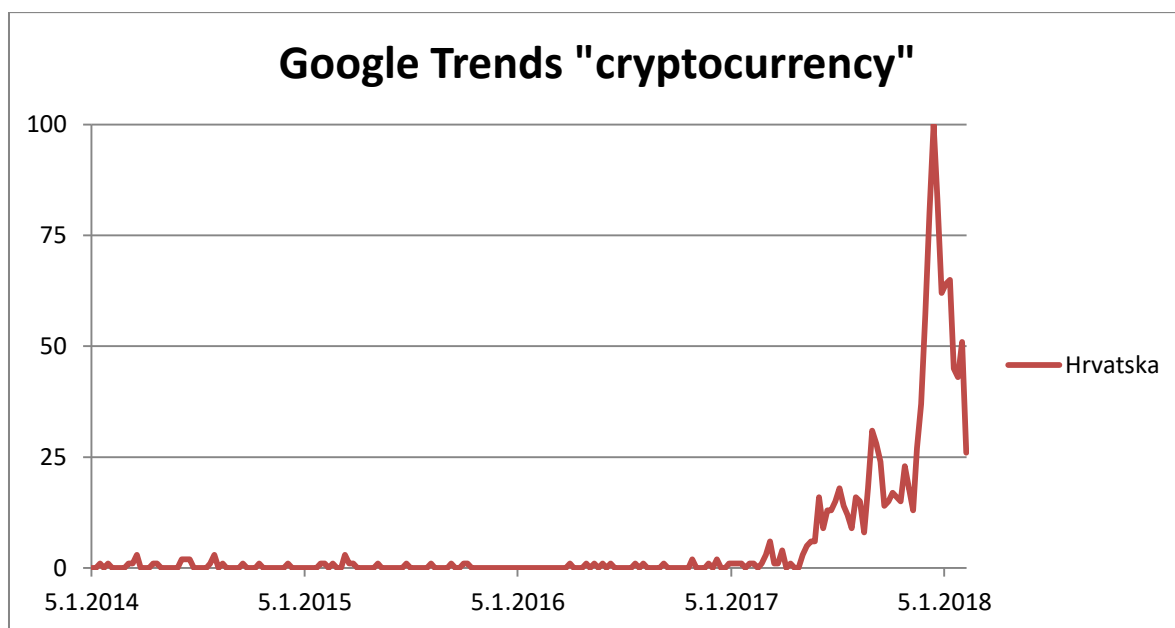
⁵⁵ *Cryptocurrency* (eng. kriptovaluta)

Graf 2. Pretraživanje pojma „bitcoin“ na području RH



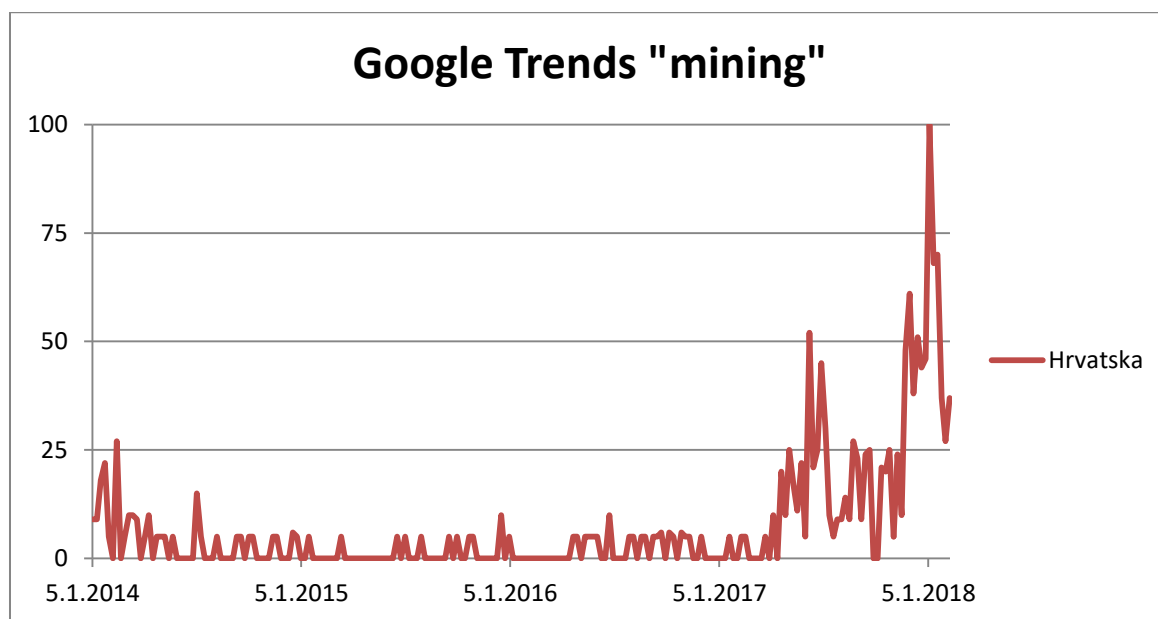
Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2014-01-05%202018-01-05&geo=HR&q=bitcoin> (06.06.2018.)

Graf 3. Pretraživanje pojma „cryptocurrency“ na području RH



Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2014-01-05%202018-01-05&geo=HR&q=cryptocurrency> (06.06.2018.)

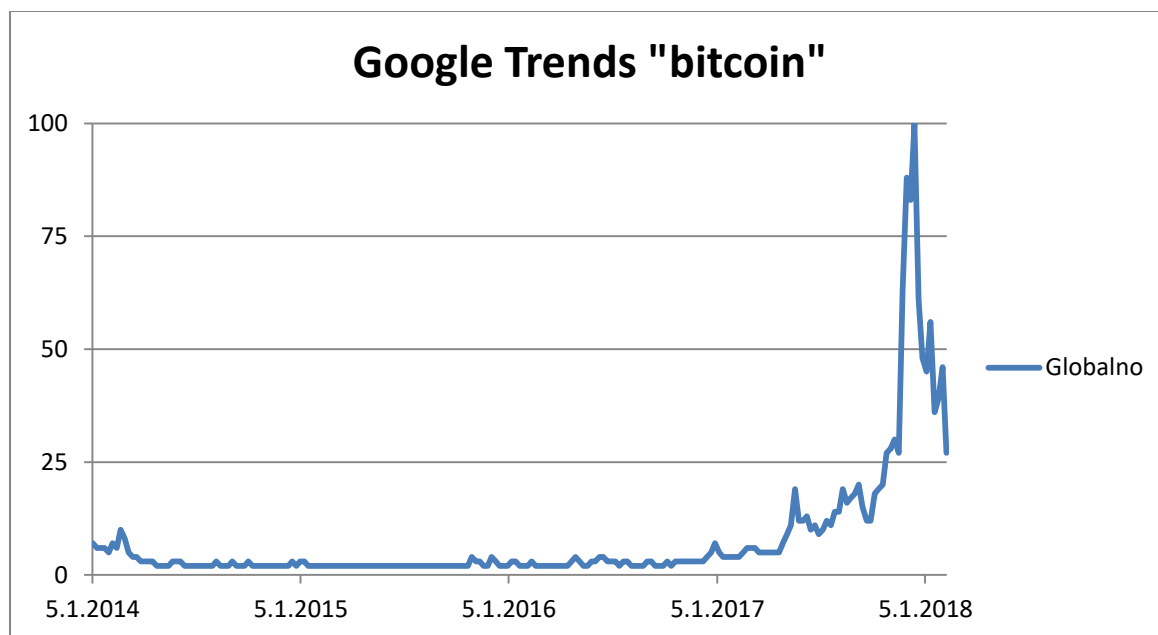
Graf 4. Pretraživanje pojma „mining“ na području RH



Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?cat=5&date=2014-01-05%202018-01-05&geo=HR&q=mining> (06.06.2018.)

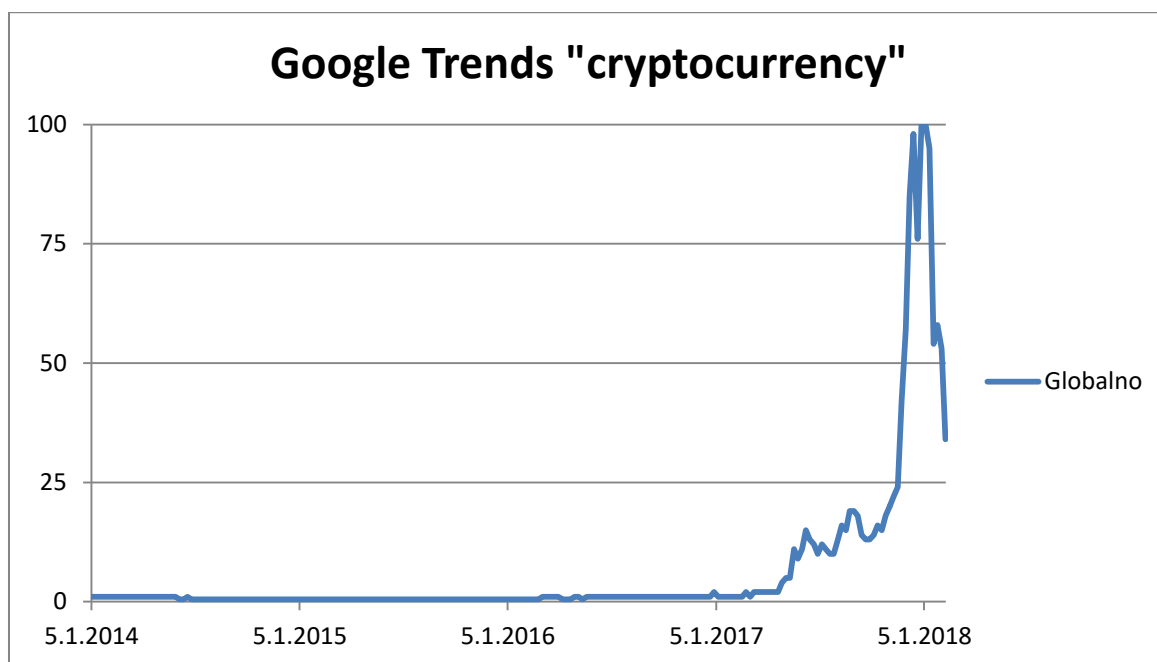
Na prikazanim grafovima se može vidjeti kako je popularnost sva tri pojma bila maksimalna u prosincu 2017. godine kada je ujedno i tržišna cijena bitcoina bila najveća. Nadalje, na posljednjem grafu se vidi veći interes za pojmom „mining“ sredinom 2017. godine čiji bi uzroci mogli biti porast cijene bitcoina te njegovo "jednostavnije" rudarenje. Promatrajući globalno pretraživanje istih ključnih pojmova dovodi do sličnog zaključka.

Graf 5. Pretraživanje pojma „bitcoin“ na globalnoj razini



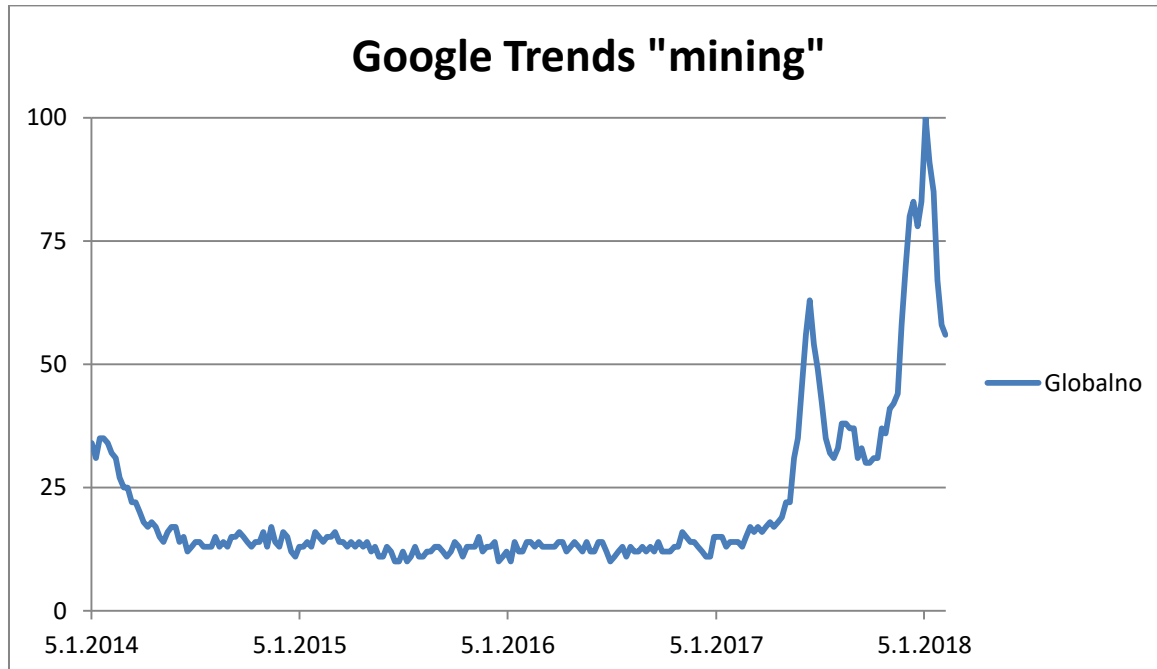
Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?cat=5&date=2014-01-05%202018-01-05&q=bitcoin> (06.06.2018.)

Graf 6. Pretraživanje pojma „cryptocurrency“ na globalnoj razini



Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2014-01-05%202018-01-05&q=cryptocurrency> (06.06.2018.)

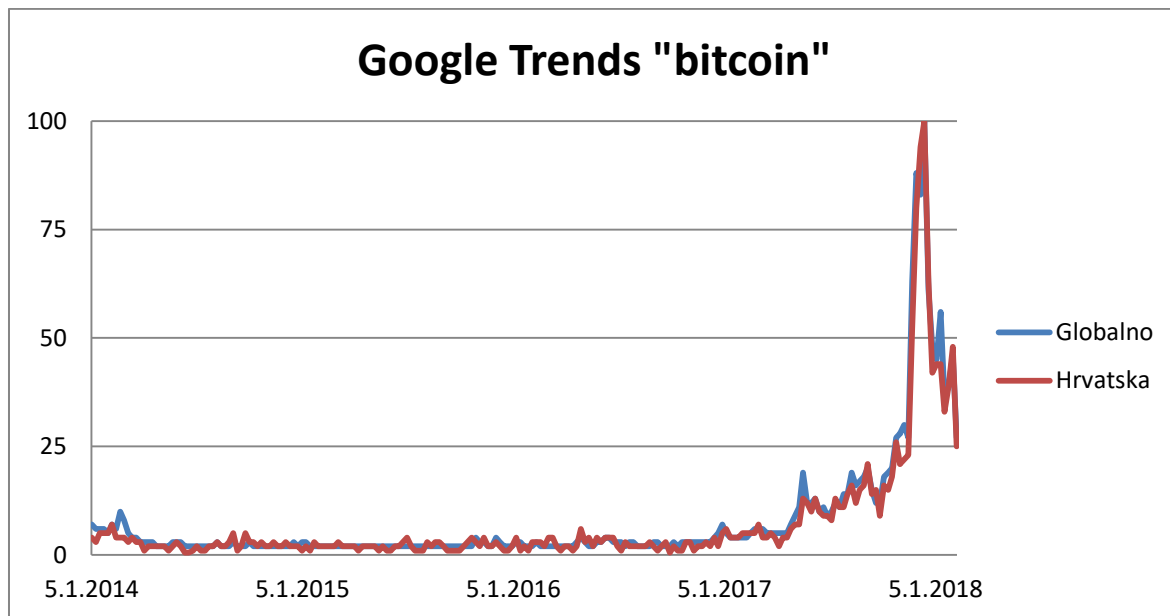
Graf 7. Pretraživanje pojma „mining“ na globalnoj razini



Izvor: <https://trends.google.com/trends/explore?cat=5&date=2014-01-05%202018-01-05&q=mining> (06.06.2018.)

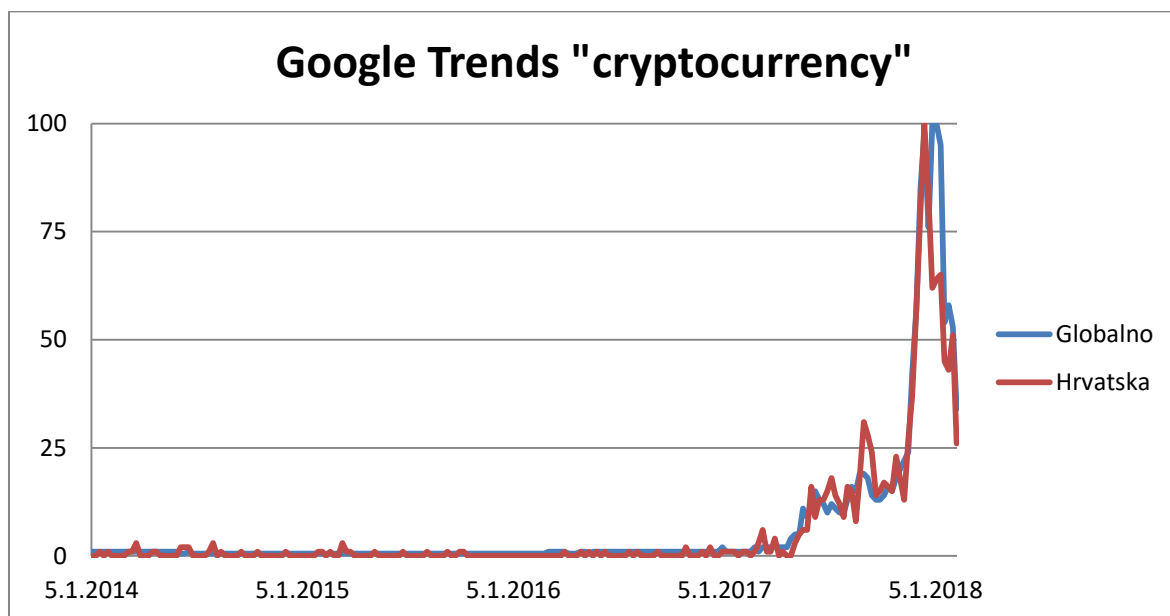
Na sljedećim grafovima su uspoređena pretraživanja ključnih pojmova u Hrvatskoj i na globalnoj razini:

Graf 8. Usporedba pretraživanja pojma „bitcoin“



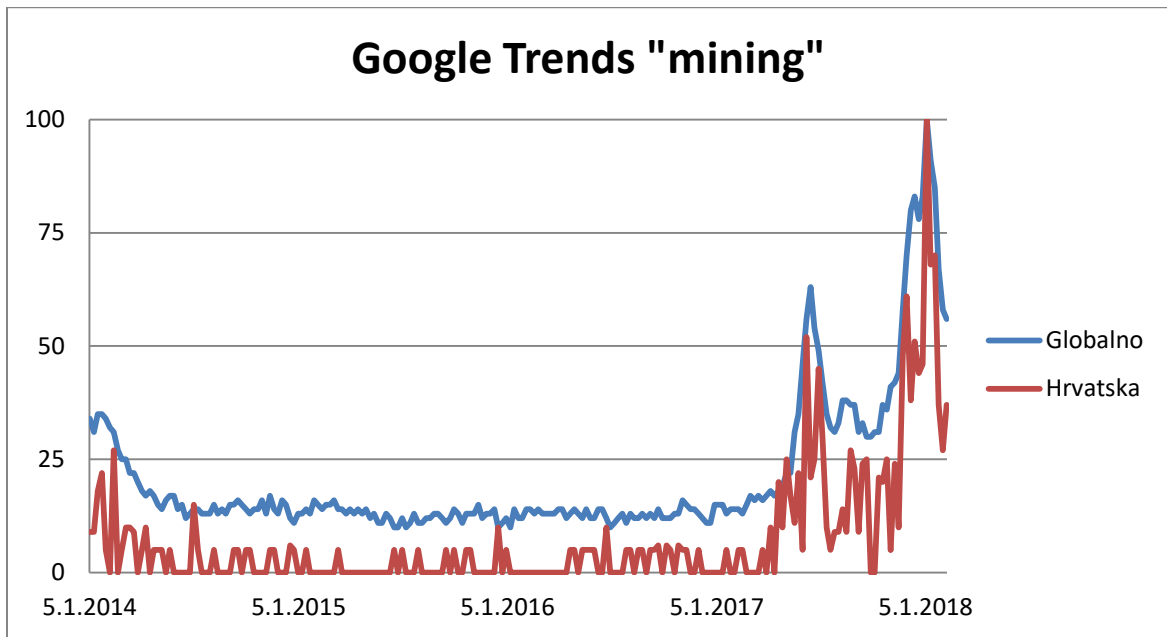
Izvor: izrada autora prema podacima Google Trendova

Graf 9. Usporedba pretraživanja pojma „cryptocurrency“



Izvor: izrada autora prema podacima Google Trendova

Graf 10. Usporedba pretraživanja pojma „cryptocurrency“



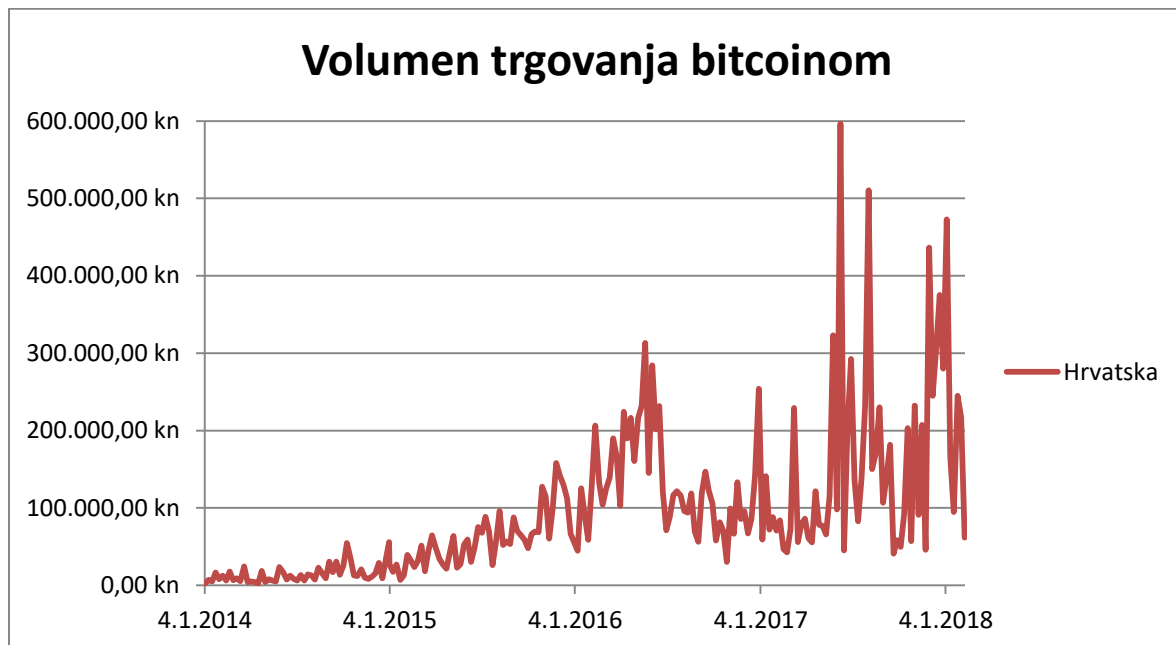
Izvor: izrada autora prema podacima Google Trendova

Usporedbom pretraživanja ključnih pojmova u Hrvatskoj i na globalnoj razini se može zaključiti kako popularnost pojmova „bitcoin“ i „cryptocurrency“ imaju isti trend, dok se pojam „mining“ više pretraživao na globalnoj razini do sredine 2017. godine.

5. ANALIZA

U ovom poglavlju će se analizirati povezanost podataka o pretraživanju ključne riječi „bitcoin“ na razini Republike Hrvatske, dobivenih preko online alata Google Trend, s volumenom trgovanja bitcoinom u Hrvatskoj na tržištu LocalBitcoins, izraženom u kunama. Nakon analize stacionarnosti vremenskih nizova biti će ispitana uzročnost u Grangerovom smislu. Analiza uzročnosti modela provedena je na temelju pristupa predloženog od autora Toda i Yamamoto (1995). Toda i Yamamoto pristup se odnosi na testiranje uzročnosti u prisutnosti nestacionarnih varijabli. Oni predlažu procjenu "proširenog" VAR (vektorskog autoregresijskog) modela.

Graf 11. Volumen trgovanja bitcoinom na tržištu LocalBitcoins



Izvor: <https://coin.dance/volume/localbitcoins/HRK> (02.05.2018.)

Analiza je provedena na dva seta podataka. Prva je na širem setu podataka gdje je u analizu uzročnosti uključen period od početka 2014. do kraja listopada 2017. godine. Time je obuhvaćen vremenski niz od 200 tjednih podataka. Analiza je provedena nad logaritmiranim podacima. Druga analiza je provedena na užem skupu podataka gdje je odabran kraći period u prije značajnih skokova u volumenu pretraživačkih upita. Kraći period odnosi se na razdoblje od početka 2014. do kraja 2016. godine što obuhvaća vremenski niz duljine 156.

5.1. Širi set podataka

Prije samog provođenja Grangerove analize uzročnosti potrebno je ispitati stacionarnost varijabli. Stacionarnost je ispitana korištenjem KPSS i ADF testova.

5.1.1. Analiza stacionarnosti varijabli

Tablica 3. Analiza stacionarnosti/ređa integriranosti serije Bitcoin

| | ADF | KPSS |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Level | Dickey-Fuller = -2.1874, Lag order = 5, p-value = 0.4979 | KPSS Level = 3.7935, Truncation lag parameter = 3, p-value < 0.01 |
| Prva diferencija | Dickey-Fuller = -7.1031, Lag order = 5, p-value < 0.01 | KPSS Level = 0.04675, Truncation lag parameter = 3, p-value > 0.1 |

Izvor: Izračun autora

Na temelju KPSS i ADF testova može se zaključiti kako proces nije stacionaran. Nadalje, analizom prvih diferencija, testovi KPSS i ADF sugeriraju kako se radi o stacionarnom procesu, stoga možemo zaključiti kako je Bitcoin I(1) proces.

Analogno, provedena je analiza za pretraživačke upite Google Trendera. Na temelju KPSS i ADF testova može se zaključiti kako proces nije stacionaran. Nadalje, analizom prvih diferencija testovi KPSS i ADF sugeriraju kako se radi o stacionarnom procesu, stoga možemo zaključiti kako je Google Trend I(1) proces.

Tablica 4. Analiza stacionarnosti/reda integriranosti serije Google Trend

| | ADF | KPSS |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Level | Dickey-Fuller = -3.1439, Lag order = 5, p-value = 0.09922 | KPSS Level = 0.96217, Truncation lag parameter = 3, p-value > 0.01 |
| Prva diferencija | Dickey-Fuller = -7.6428, Lag order = 5, p-value = 0.01 | KPSS Level = 0.064106, Truncation lag parameter = 3, p-value > 0.1 |

Izvor: Izračun autora

5.1.2. Odabir duljine pomaka u VAR-u

Pri odabiru optimalne duljine pomaka korišteno je više kriterija kako je opisano u donjoj tablici.

Tablica 5. Kriteriji odabira duljine pomaka u VAR-u

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|----------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | -414.0024 | NA | 0.408968 | 4.781636 | 4.817947 | 4.796366 |
| 1 | -290.1860 | 243.3632 | 0.103177 | 3.404437 | 3.513370 | 3.448627 |
| 2 | -264.7448 | 49.42027 | 0.080642 | 3.157986 | 3.339541 | 3.231636 |
| 3 | -250.3882 | 27.55808 | 0.071596 | 3.038945 | 3.293122* | 3.142055* |
| 4 | -244.2613 | 11.62005 | 0.069873 | 3.014497 | 3.341296 | 3.147067 |
| 5 | -238.4114 | 10.96001* | 0.068414* | 2.993235* | 3.392656 | 3.155265 |
| 6 | -238.1010 | 0.574545 | 0.071393 | 3.035643 | 3.507686 | 3.227133 |
| 7 | -233.4411 | 8.516240 | 0.070875 | 3.028059 | 3.572724 | 3.249009 |
| 8 | -229.9509 | 6.298439 | 0.071320 | 3.033919 | 3.651205 | 3.284328 |

Izvor: Izračun autora

Prema SC i HQ kriterijima optimalna duljina pomaka je k=3, dok AIC, LR i FPE kriteriji sugeriraju pomak k=5.

5.1.3. VAR model

Procijenjen je VAR model s pomakom $k=3$ te model s pomakom $k=5$. Budući rezultati testa autokorelacije grešaka za VAR model s pomakom $k=3$ sugeriraju postojanje autokorelacije grešaka, analiziran je model s pomakom $k=5$.

Tablica 6. Procijenjeni VAR model

$$\begin{aligned} \text{LNGTBIT} &= 0.412498971463 * \text{LNGTBIT}(-1) + 0.107565237352 * \text{LNGTBIT}(-2) + 0.139693535476 * \text{LNGTBIT}(-3) + \\ & 0.132042594284 * \text{LNGTBIT}(-4) - 0.0113593318062 * \text{LNGTBIT}(-5) + 0.00870635209007 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-1) - \\ & 0.0293870508069 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-2) - 0.0594530762766 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-3) + \\ & 0.0595611411395 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-4) + 0.0619731117948 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-5) - 0.243992229625 \\ \\ \text{LNVOLSAMEWEEK} &= 0.245329161884 * \text{LNGTBIT}(-1) + 0.12068356851 * \text{LNGTBIT}(-2) - 0.144159622185 * \text{LNGTBIT}(-3) - \\ & 0.0523248926563 * \text{LNGTBIT}(-4) - 0.171510773744 * \text{LNGTBIT}(-5) + 0.124598069104 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-1) + \\ & 0.237493768532 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-2) + 0.19566762165 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-3) + \\ & 0.196728944069 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-4) + 0.176234549604 * \text{LNVOLSAMEWEEK}(-5) + 0.789789340616 \end{aligned}$$

Izvor: Izračun autora

5.1.4. Analiza autokorelacije reziduala i stabilnosti modela

Tablica 7. Analiza autokorelacije reziduala i stabilnosti modela

Included observations: 177

| Lags | LM-Stat | Prob |
|------|----------|--------|
| 1 | 2.910569 | 0.5729 |
| 2 | 4.289134 | 0.3683 |
| 3 | 4.190074 | 0.3809 |
| 4 | 9.844964 | 0.0431 |
| 5 | 5.970949 | 0.2013 |
| 6 | 2.445115 | 0.6545 |
| 7 | 5.073312 | 0.2799 |
| 8 | 3.568431 | 0.4675 |
| 9 | 1.345523 | 0.8536 |
| 10 | 4.155608 | 0.3854 |

Izvor: Izračun autora

Tablica 8. Analiza stabilnosti modela

| Root | Modulus |
|-----------------------|----------|
| 0.974349 | 0.974349 |
| 0.903176 | 0.903176 |
| -0.008268 - 0.657404i | 0.657456 |
| -0.008268 + 0.657404i | 0.657456 |
| 0.219521 - 0.568751i | 0.609645 |
| 0.219521 + 0.568751i | 0.609645 |
| -0.485250 - 0.325066i | 0.584068 |
| -0.485250 + 0.325066i | 0.584068 |
| -0.396218 - 0.147964i | 0.422944 |
| -0.396218 + 0.147964i | 0.422944 |

Izvor: Izračun autora

Rezultati analize autokoreliranosti reziduala prikazani u tablici ukazuju kako ne postoji problem autokoreliranosti reziduala. Također, model zadovoljava uvjete stabilnosti budući da svi karakteristični krojeni leže unutar intervala $\langle -1, 1 \rangle$.

Analiza kointegriranosti provedena je korištenjem Johansenovog testa kointegracije i rezultirala je zaključkom o nepostojanju kointegracije.

5.1.5. Analiza uzročnosti modela

Kao što je već naglašeno, analiza uzročnosti modela provedena je na temelju pristupa predloženog od autora Toda i Yamamoto (1995). Toda i Yamamoto pristup primijenjuje se u testiranju uzročnosti u prisutnosti nestacionarnih varijabli. Oni predlažu procjenu "proširenog" VAR (vektorska autoregresija) modela. U ovom slučaju distribucije dviju varijabli koje se razmatraju u ovom radu, VAR model ima sljedeću formu⁵⁶:

$$GBIT_t = a_1 + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{1,i} GBIT_{t-i} + \sum_{j=1}^{p+d} \gamma_{1,j} VOL_{t-1} + \varepsilon_{1,t}$$

$$VOL_t = a_2 + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{2,i} VOL_{t-i} + \sum_{j=1}^{p+d} \gamma_{2,j} VOL_{t-1} + \varepsilon_{2,t}$$

⁵⁶ Toda, Hiro Y. i Yamamoto, Taku, (1995), Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes, Journal of Econometrics, 66, Issue 1-2, p. 225-250.

U kojem p predstavlja pomak odabran prema određenom kriteriju (npr. AIC, SC, HQ), d je maksimalni red integracije promatranih vremenskih serija ($d = 1$ u ovom slučaju), a_1 i a_2 su konstante, β_{1i} i β_{2i} su autoregresijski koeficijenti dok su ε_1 i ε_2 predstavljaju greške (bijeli šum). Nadalje, GBIT predstavlja volumen pretraživanja ključne riječi „bitcoin“ dobiven putem Google Trendera, dok je VOL volumen trgovanja bitcoinom i kunama na tržištu LocalBitcoins.

Postupkom ispitivanja uzročnosti unutar Toda i Yamamoto pristupa kreće se od ispitivanja sljedećih nultih hipoteza:

$$H_0: \text{VOL ne uzrokuje GBIT } (\gamma_{1,1} = \gamma_{1,2} = \dots = \gamma_{1,p} = 0)$$

$$H_0: \text{GBIT ne uzrokuje VOL } (\gamma_{1,1} = \gamma_{1,2} = \dots = \gamma_{1,p} = 0)$$

Tablica 9. Analiza Grangerove uzročnosti

Included observations: 195

Dependent variable: LNGTBIT

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|------------|----------|----|--------|
| LNVOLSAMEW | | | |
| EEK | 4.424542 | 5 | 0.4900 |
| All | 4.424542 | 5 | 0.4900 |

Dependent variable: LNVOLSAMEWEEK

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| LNGTBIT | 18.85668 | 5 | 0.0020 |
| All | 18.85668 | 5 | 0.0020 |

Izvor: Izračun autora

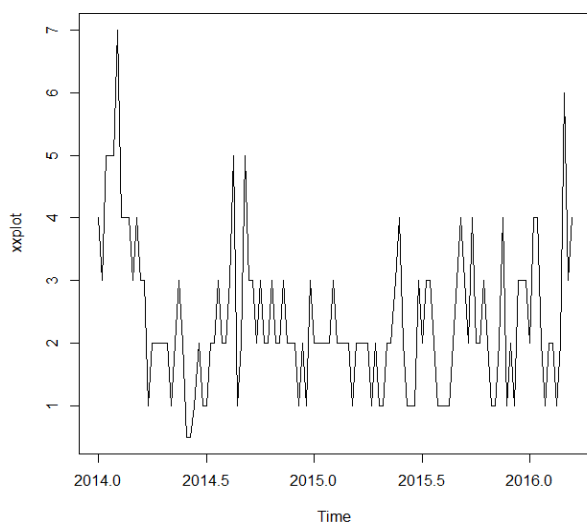
Na temelju provedenih testova možemo zaključiti kako GBIT uzrokuje VOL u Grangerovom smislu, dok obrnuto ne vrijedi.

5.2. Uži set podataka

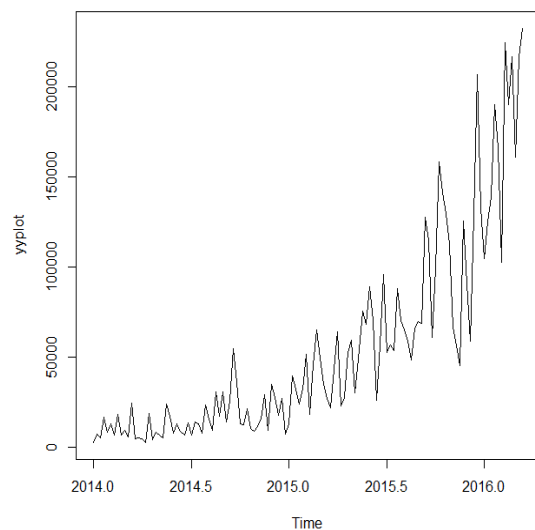
Dodatno, analiziran je i uži set podataka prije značajnih skokova cijena odnosno pretraživačkih upita. U analiziranom razdoblju su podaci od siječnja 2014. godine do kraja 2016. godine te je analiziran vremenski niz duljine 156 u kojem su analizirani tjedni podaci.

Graf 12. Volumen pretraživanja i volumen trgovanja bitcoinom

Google trends plot



Volume Bitcoin plot



Izvor: Izračun autora

Provedena je analiza stacionarnosti, odnosno reda integriranosti dvaju setova podataka.

5.2.1. Analiza stacionarnosti/reda integriranosti

Tablica 10. Analiza stacionarnosti/reda integriranosti serije Bitcoin

| | ADF | KPSS |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Level | Dickey-Fuller = -2.5401, Lag order = 5, p-value = 0.3512 alternative hypothesis: stationary | KPSS Level = 3.5925, Truncation lag parameter = 2, p-value < 0.01 |
| Prva diferencija | Dickey-Fuller = -5.4655, Lag order = 5, p-value < 0.01 alternative hypothesis: stationary | KPSS Level = 0.019279, Truncation lag parameter = 2, p-value > 0.1 |

Izvor: Izračun autora

Na temelju KPSS i ADF testova može se zaključiti kako proces nije stacionaran. Nadalje, analizom prvih diferencija testovi KPSS i ADF sugeriraju kako se radi o stacionarnom procesu, stoga možemo zaključiti kako je Bitcoin I(1) proces. Analogno, provedena je analiza za pretraživačke upite Google trends. Na temelju KPSS i ADF testova može se zaključiti kako je proces stacionaran.

Tablica 11. Analiza stacionarnosti/reda integriranosti serije Google trends

| | ADF | KPSS |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Level | Dickey-Fuller = -4.9338, Lag order = 5, p-value = 0.01 alternative hypothesis: stationary | KPSS Level = 0.29102, Truncation lag parameter = 2, p-value > 0.1 |

Izvor: Izračun autora

Analiza uzročnosti provedena je nad dva stacionarna procesa: Google Trends upite i prve diferencije volumena trgovanja Bitcoinom. Dakle, analizira se (ne)postojanje uzročnosti Google Trends upita na promjene u volumenu trgovanja Bitcoinom i obratno.

5.2.2. Analiza uzročnosti modela

Tablica 12. Grangerov test uzročnosti

| | | | |
|--------------------------------------------------|--------|------|------------------|
| Model 1: VOL ~ Lags(VOL, 1:4) + Lags(dGBIT, 1:4) | | | |
| Model 2: VOL ~ Lags(VOL, 1:4) | | | |
| Res.Df | Df | F | Pr(>F) |
| 1 | 142 | | |
| 2 | 146 -4 | 2.94 | 0.02264 * |

Izvor: Izračun autora

Tablica 13. Grangerov test uzročnosti (obrnuti slučaj)

| | | | |
|----------------------------------------------------|--------|--------|---------------|
| Model 1: dGBIT ~ Lags(dGBIT, 1:4) + Lags(VOL, 1:4) | | | |
| Model 2: dGBIT ~ Lags(dGBIT, 1:4) | | | |
| Res.Df | Df | F | Pr(>F) |
| 1 | 142 | | |
| 2 | 146 -4 | 0.3867 | 0.8179 |

Izvor: Izračun autora

Na temelju provedenih testova možemo zaključiti kako dGBIT uzrokuje VOL u Grangerovom smislu, dok obrnuto ne vrijedi.

6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada je primjena Grangerove analize uzročnosti u analizi prediktivne moći pretraživačkih upita ključne riječi „bitcoin“ na volumen trgovanja bitcoinom. Podaci o pretraživačkim upitima ograničeni su na pretraživačke upite putem Google tražilice te su preuzeti pomoću Google trends alata. Dodatno, analiza je ograničena na područje Republike Hrvatske te je, stoga, pri preuzimanju podataka o pretraživanju ključne riječi „bitcoin“ preuzeti s Google trends alata postavljeno geografsko ograničenje na područje Republike Hrvatske. Podaci o volumenu trgovanja preuzeti su s online tržišta LocalBitcoins na kojem se trguje bitcoinom i fiat valutama.

Istraživanje je provedeno na užem i širem setu podataka. Analiza šireg seta podataka obuhvaća razdoblje od početka 2014. do kraja listopada 2017. godine u kojem je obuhvaćen period naglih skokova u volumenu trgovanja i pretraživačkih upita. Time je obuhvaćen vremenski niz od 200 tjednih podataka. Na temelju analize stacionarnosti varijabli je zaključeno kako procesi nisu stacionarni te je bilo potrebno analizirati prve diferencije koje su sugerirale da su oba procesa stacionarna. Nakon toga je odabrana optimalna duljina pomaka u VAR modelu ($k=5$). Nadalje je slijedila analiza autokorelacije reziduala i stabilnosti modela kojima je utvrđeno da model zadovoljava uvijete stabilnosti i zaključeno je da kointegracija nije prisutna. Postupkom ispitivanja uzročnosti unutar Toda i Yamamoto pristupa se može zaključiti kako upiti ključne riječi „bitcoin“ na online platformi Google Trends uzrokuju promjene u volumenu trgovanja bitcoinom i kunama na online tržištu LocalBitcoins, dok obrnuto ne vrijedi.

Dodatno je analiziran i uži set podataka prije značajnijih skokova cijena, odnosno pretraživačkih upita. U analiziranom razdoblju su podaci od siječnja 2014. godine do kraja 2016. godine te je analiziran vremenski niz duljine 156 u kojem su analizirani tjedni podaci. Analizom autokorelacije reziduala i stabilnosti modela je također utvrđeno da model zadovoljava uvijete stabilnosti i zaključeno je da ne postoji kointegracija. Analiza uzročnosti provedena je nad dva stacionarna procesa: Google Trends upite i prve diferencije volumena trgovanja bitcoinom. Na užem setu podataka je također utvrđeno kako upiti ključne riječi „bitcoin“ na Google Trends-u uzrokuju promjene u volumenu trgovanja bitcoinom i kunama na online tržištu LocalBitcoins, dok obrnuto ne vrijedi.

LITERATURA

Knjige:

1. Antonopoulos A.M. (2010) *Mastering Bitcoin*, O'Reilly Media, Sebastopol, CA, preuzeto sa: <https://unglueit-files.s3.amazonaws.com/ebf/05db7df4f31840f0a873d6ea14dcc28d.pdf> (12.02.2018.)
2. Bahovec, V., Erjavec, N., (2009.) *Uvod u ekonometrijsku analizu*, Element, Zagreb
3. Benšić M., Šuvak N. (2013.) *Primijenjena statistika*, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek
4. Dumičić K., Bahovec V., Čižmešija M., Kurnoga N., Čeh Časni A., Jakšić S., Palić I., Sorić P., Žmuk B. (2006.) *Poslovna statistika*, Element d.o.o.
5. Horvat J., Mijoč J., (2012.) *Osnove statistike*, Ljevak, Zagreb
6. Rozga A. (2009.) *Statistika za ekonomiste*, 5. Izdanje, Ekonomski fakultet Split, Split
7. Šošić, I., (2006.) *Primijenjena statistika*, Školska knjiga, Zagreb

Znanstveni časopisi i publikacije:

1. Buterin D., Ribarić E., Savić S. (2015.) Bitcoin – nova globalna valuta, investicijska prilika ili nešto treće?, *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, Vol.3 No.1, Rijeka, preuzeto sa: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=206108 (12.02.2018.)
2. Čičin-Šain N. (2017.) Oporezivanje bitcoina, *Zbornik Pravnog fakulteta u Zagrebu*, Vol.67 No.3-4, Zagreb, preuzeto sa: <https://hrcak.srce.hr/186941> (12.02.2018.)
3. Fondeur, Y., i Karamé, F. (2012), Can Google data help predict French youth unemployment? *EconomicModelling*, Vol 30
4. Garcia D., Tessone C. J., Mavrodiev P., Perony N. (2014.), The digital traces of bubbles: feedback cycles between socioeconomic signals in the Bitcoin economy, *J. R. Soc. Interface*, 11: 20140623, Zurich, preuzeto sa: <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2014.0623> (20.04.2018.)
5. Kaminski J. (2014.), Nowcasting the bitcoin market with Twitter signals, MIT Center for Collective Intelligence, Herdecke University, preuzeto sa: http://www.academia.edu/21297301/Nowcasting_the_Bitcoin_Market_with_Twitter_Signals (20.04.2018.)
6. Kim Y. B., Kim J. G., Kim W., Im J. H., Kim T. H., Kang S. J., Chang H. K. (2016) Predicting fluctuations in cryptocurrency transactions based on user comments and

replies, PLoS ONE 11(8): e0161197, preuzeto sa: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161197> (20.04.2018.)

7. Kristoufek L. (2013.) BitCoin meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the relationship between phenomena of the Internet era, Scientific reports, 3 : 3415, DOI: 10.1038/srep03415, Prag, preuzeto sa: <https://www.nature.com/articles/srep03415.pdf> (20.04.2018.)
8. Matta M., Lunesu I., Marchesi M. (2015.) Bitcoin spread prediction using social and web search media, Proceedings of DeCAT, preuzeto sa: <http://ceur-ws.org/Vol-1388/DeCat2015-paper3.pdf> (20.04.2018.)
9. Perišić, A., Kontić, P., Devčić, P., (2015.) Predviđanje dolazaka turista u Republiku Hrvatsku koristeći Google Trend, Veleučilište u Šibeniku
10. Toda, Hiro Y. i Yamamoto, Taku, (1995) Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes, Journal of Econometrics, 66, Issue 1-2
11. Turudić D. A., Milić J., Štulina K. (2017.) Korištenje kriptovaluta u međunarodnom poslovanju, Zbornik sveučilišta Libertas, Vol. 1-2 No. 1-2, Zagreb, preuzeto sa: <https://hrcak.srce.hr/191294> (10.02.2018.)
12. Varian H. R., Choi H. (2009), Predicting the present with Google Trends, Google Research, preuzeto sa: https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/hr//googleblogs/pdfs/google_predicting_the_present.pdf (17.05.2018.)

Web – stranice:

1. <https://en.oxforddictionaries.com/definition/cryptocurrency>
2. <https://bitcoin.org/en/faq>
3. <https://bitfalls.com/hr>
4. <https://support.google.com/trends/answer/>