

NOVE TEHNOLOGIJE I ULOGA KRIPTOVALUTA NA NIVOU INVESTICIONOG PORTFOLIJA

Sažetak: Nove tehnologije imaju signifikantnu ulogu na savremenim finansijskim tržištima. Primena novih tehnologija, aplikativnih i softverskih rešenja omogućili su finansijskim institucijama i pojedinačnim i institucionalnim investitorima upotrebu matematičko-statističkih i ekonometrijskih modela, koji su zasnovani na analizi i oceni investicionih portfolija, proceni finansijskih rizika i ekstrapolaciji, kao i prediktibilnosti koje su vezane za ciklična ekonomska kretanja, a koja se direktno odražavaju na investicioni portfolio. Usled uticaja finansijske krize, a posebno usled globalnih negativnih ekonomskih kretanja izazvanih COVID-19 pandemijom, na međunarodnom finansijskom tržištu sve veći značaj dobijaju alternativni oblici finansijske aktive koji su direktno nastali primenom novih tehnologija. Alternativni oblici finansijske aktive javljaju se u obliku kriptovaluta. Bitcoin predstavlja prvu kriptovalutu na globalnom finansijskom tržištu, a kao druga kriptovaluta po obimu tržišnog prometa javlja se Ethereum. U vezi sa tim, postavlja se pitanje: „Da li ove dve vodeće kriptovalute imaju značajan uticaj na savremeno finansijsko tržište, kao i na odluku pojedinačnih i institucionalnih investitora u vezi sa drugačijom strukturom investicionog portfolija?“ Restrukturiranje investicionog portfolija uključivanjem kriptovaluta, ima za cilj postizanje diverzifikacije portfolija u cilju što je moguće boljeg upravljanja tržišnim i finansijskim rizicima. U ovom radu biće analiziran uticaj kriptovaluta, njihove volatilnosti, obima prometa i mogućnosti korišćenja kao alternativne finansijske aktive u formiranju optimalnog investicionog portfolija.

Ključne reči: nove tehnologije, međunarodna finansijska tržišta, kriptovalute, investicioni portfolio

* Docent, Fakultet za poslovne studije, Megatrend Univerzitet Beograd, vzivanovic@megatrend.edu.rs

* Docent, Fakultet za poslovne studije, Megatrend Univerzitet Beograd, jvitomir@megatrend.edu.rs

1. Uvod

Nove tehnologije i primena novih tehnoloških rešenja dugo su prisutni na razvijenim međunarodnim finansijskim tržištima. Primena novih softverskih rešenja omogućila su finansijskim institucijama, individualnim i institucionalnim investitorima da sa mnogo većom preciznošću, većim obimom analiziranih podataka i brzinom obrade dobiju neophodne informacije, a koje se odnose na procenu finansijskih i tržišnih rizika. Finansijske institucije primenom najnovijih tehnoloških rešenja imaju mogućnost da primene analizu kreditnog rizika, koja je zasnovana na primeni internih procedura za ocenu boniteta i kreditnog rizika za pojedinačnu kompaniju ili celokupan kreditni portfolio. Ovo se prevažodno odnosi na primenu IRB (*Internal Ratings Based Approach – IRB*) procedura koje su i predstavljene u okviru nadnacionalnog regulatornog standarda Basel II (Basel Committee On Banking Supervision, 2001). Primena ovih novih procedura koje su zasnovane na konstrukciji zasebnog sistema za procenu kreditnog rizika na nivou individualnog kreditnog portfolija, finansijske institucije daju mogućnost za još precizniju, i što je bitnije, blagovremenu procenu eventualnih negativnih finansijskih rizika koji mogu da dovedu do difolta pojedinačnog ili grupe klijenata na nivou kreditnog portfolija. Na ovaj način nove tehnologije direktno utiču na usaglašavanje nadnacionalnih standarda i implementaciju softverskih rešenja koji direktno vode do veće sigurnosti i stabilnost nacionalnih finansijskih tržišta.

Na drugoj strani pored softverskih rešenja zasnovanih na novim tehnologijama, razvijena finansijska tržišta su u stalnoj potrazi za što raznovrsnijim finansijskim instrumentima koji mogu da dovedu do što je moguće veće diverzifikacije na nivou investicionog portfolija. U ovom smislu pojedinačni i institucionalni investitori imaju potrebu za formiranjem različite strukture investicionog portfolija, koji u današnje vreme uključuje i neke alternativne oblike finansijske aktive.

Kao najnovija tendencija koja je nastala u doba globalne ekonomske i finansijske krize izazvane pandemijom COVID-19, javlja se povećana potreba investitora da u svom investicionom portfoliju imaju realnu finansijsku aktivu u obliku plemenitih metala kao što je zlato i srebro. Na bazi analiza koje su zasnovane na GRG metodologiji (Lasdon et al., 1974), a koja koristi nelinearnu optimizaciju primenom metode generalisanog redukovanoog gradijenta (*Generalized Reduced Gradient Method - GRG*), kao i primenom MPT teorije (*Modern Portfolio Theory - MPT*) (Markowitz, 1952), a koja je vezana za diverzifikaciju investicionog portfolija, dokazano je da se zlato od strane investitora posmatra kao *safe haven* imovina. Zlato kao *safe haven* imovina se u periodu finansijske krize može koristiti u cilju veće diverzifikacije investicionog portfolija i to zamenom nekih do sada poznatih finansijskih instrumenata na tržištu kapitala. Usled povećane agregatne tražnje za ovim oblikom finansijske aktive, na međunarodnom robnom tržištu dolazi do rasta cene plemenitih metala. Iako dolazi do rasta vrednosti trgova-

nja sa ovim oblicima finansijske aktive, njihova vrednost trgovanja nema visoku volatilnost i rast cena je uslovljen delovanjem zakona slobodnog tržišta.

Pored zlata i srebra kao realne finansijske imovine, u današnje vreme sve je veća zainteresovanost investitora za novim oblicima finansijske aktive u obliku kriptovaluta. Kriptovalute su već neko vreme prisutne na međunarodnom finansijskom tržištu i one su direktna posledica primene novih tehnoloških rešenja koji su omogućili pojavu *BlockChain* pristupa u razmeni ovih valuta i različitih načina na koji se mogu pribaviti od strane pojedinačnih lica, a koji se kasnije javljaju na sekundarnom finansijskom tržištu kao prodavci kriptovaluta u obliku finansijskih instrumenata.

Ono što je karakteristično za kriptovalute je da one od same pojave imaju jako izraženu volatilnost i da stoga na početku nisu privlačili pažnju tradicionalnih investitora, koji nisu voljni da preuzimaju visoke stope tržišnog rizika. U vreme pandemije vrednost vodećih kriptovaluta izraženih preko vrednosti trgovanja sa *Bitcoin* (BTC) i *Ethereum* (ETH) imaju signifikantan rast obima trgovanja izraženih preko *market cap* vrednosti. U ovom radu biće analiziran uticaj ove dve kriptovalute na novi investicioni portfolio investitora, uz dokazivanje hipoteze da li se kriptovalute mogu koristiti u cilju diverzifikacije novoformiranog investicionog portfolija u uslovima finansijske krize.

2. Pregled literature

Pojava kriptovaluta na međunarodnom finansijskom tržištu najavila je potencijalne promene do sada poznatog tradicionalnog načina trgovanja u okviru međunarodnog tržišta roba i kapitala. Ovo se prevashodno odnosi na pojavu novih valuta na međunarodnom finansijskom tržištu. Pojava novih valuta u obliku kriptovaluta javila se usled delimičnog gubljenja poverenja potrošača u stabilnost nacionalnih valuta, posebno nakon velike finansijske krize iz 2008. godine (Ivashina i Scharfstein, 2010). Potrošači su imali potrebu za formiranjem jednog paralelnog finansijskog sistema koji bi omogućio prevashodno sigurnu transakciju između korisnika, kao i pružanje usluga koje su besplatne, a koje koriste složene algoritme za obezbeđivanje zaštite učesnika u procesu. U vezi sa tim, prva kriptovaluta koja se pojavila na međunarodnom finansijskom tržištu bio je *Bitcoin*. *Bitcoin* je uveden na tržište u momentu registrovanja internet domena www.bitcoin.org¹. Kako bi se objasnio način funkcionisanja nove valute na međunarodnom tržištu nepoznati autor *Nakamoto Satoshi* izdao je članak u kojem je objašnjen osnovni koncept na kojem je zasnovano trgovanje sa novom valutom koja je nazvana kriptovaluta usled toga što je njen nastanak, način pribavljanja, obavljanja transakcija u kriptu obliku u okviru kompjuterskog sistema vođeno složenim matematičkim algoritmom (Nakamoto, 2008). Nova kriptovaluta omogućila je direktnu (*peer-*

¹ Bitcoin Internet domen – <https://www.bitcoing.org/eng/>

to-peer network for online payment – P2P) i zaštićenu online transakciju između krajnjih korisnika bez prisustva i medijacije koji su prisutni u tradicionalnim oblicima elektronskog plaćanja i transfera novca. Osnovna ideja tvorca bitcoina bila je da se omoguće male transakcije između korisnika koje bi u slučaju tradicionalnog oblika elektronskog novca uz prisustvo posrednika kao što su poslovne banke bio nemoguć usled visokih transakcionih troškova koji se javljaju u obliku naknada poslovne banke. Novi sistem elektronskog plaćanja zasnovan je na kriptografskom dokazivanju identiteta korisnika i same transakcije. Na ovaj način omogućeno je da se transakcije između dve strane ostvare samo na bazi saglasnosti učesnika u transakciji bez uključivanja posrednika kao treće strane u procesu. Ovim je proces elektronskog prenosa bio olakšan uz primenu najviših standarda koji su se odnosili na zaštitu identiteta korisnika usluga i same transakcije. U vezi sa tim Jared ističe da je anonimnost jedna od prednosti učesnika u novom obliku elektronskog transfera (Jared, 2018). Upravo princip koji je zasnovan na anonimnosti najviše je i kritikovan od strane međunarodnih nadnacionalnih regulatornih tela i međunarodnog finansijskog sistema. Anonimnost učesnika i transakcije pruža veliku mogućnost za zloupotrebu upotrebe sredstava i prenosa sredstava za aktivnosti koje zakonom nisu dozvoljene. Podaci o izvoru i destinaciji transakcija u P2P mreži su kriptovani u formi javnih ključeva (*Public Keys – PK*)² (Živanović, 2019). Javni ključevi se koriste u obliku pseudonima (Ober et al., 2013), a sam korisnik može generisati beskonačno mnogo PK. Sve transakcije se čuvaju u korisnikovom elektronskom novčaniku.

Nakon prvobitne pojave bitcoina kao prve zvanično objavljene kriptovalute, na međunarodnom tržištu su se pojavili različiti oblici drugih kriptovaluta koje su zasnovane na tehnologiji koju koristi *Bitcoin*. Iako je danas prisutan veliki broj kriptovaluta, kao druga najznačajnija kriptovaluta na međunarodnom finansijskom tržištu, posmatrajući obim tržišne valorizacije, je *Ethereum* (ETH). *Ethereum* je izazvao veliku pažnju pojedinačnih korisnika i investitora pojavom na tržištu sredinom 2015. godine (Oorschot, 2021). I ova kriptovaluta je zasnovana na konceptu koji je baziran na *blockchain* javnim knjigama transakcija (*blockchain-based public ledger*). ETH je kao novinu u oblasti elektronskih transakcija, u okviru kompjuterskih platformi, ponudio primenu tzv. *smart contracts* ili „pametnih ugovora“ u obliku specijalizovanih programa koji su napravljeni kako bi se transakcije odvijale anonimno u prometu, a koji je vezan za tzv. „virtuelnu imovinu“.

Kako bi bilo moguće sprovesti transakciju prenosa sa kriptovalutama, bilo da se radi o *Bitcoin* ili *Ethereum*, bilo je potrebno izgraditi decentralizovani pristup P2P mreži putem primene *BlockChain*³ tehnologije (Crosby et al., 2016). U

² Javni ključevi (*public keys*) predstavljaju kriptografske ključeve koji se koriste od strane korisnika kako bi se enkriptovala poruka koja je usmerena ka određenom krajnjem korisniku i koja može biti dešifrovana jedino korišćenjem drugog ključa koji je poznat samo korisniku kome je poruka upućena (*the private key*).

³ *BlockChain* predstavlja bazu podataka ili glavnu knjigu svih izvršenih transakcija između korisnika. Svaka transakcija je verifikovana koncenusom većine korisnika u sistemu.

vezi sa primenom *BlockChain* tehnologije autor Sam navodi da su na ovaj način kriptovalute preuzele primat od strane finansijskih institucija, jer finansijske institucije nisu bile u mogućnosti da kontrolišu ponudu (Sam, 2017).

Kriptovalute su od momenta uvođenja na tržište pa do današnjih dana imale jako volatilne tokove. U prilog ovome govori činjenica da je vrednost prvog trgovanja sa Bitcoinom na finansijskom tržištu tokom 2010. godine bila u vrednosti 0,0008 USD do 0,08 USD. Nakon prvih godina u kojima je postavljena bazna vrednost, a koja je bila na jako niskom nivou, usled slabe zainteresovanosti investitora za novu nepoznatu finansijsku aktivu, dolazi do rasta vrednosti tokom 2019. godine. Nakon ovog perioda, a prevashodno kao posledica pandemije izazvane COVID-19, došlo je ponovnog konstantnog rasta vrednosti ove kriptovalute. Grupa autora je shodno jako visokoj volatilnosti bitcoina istraživala postojanje tzv. „investicionog balona“. Prva grupa autora (Chaim i Laurini, 2018) smatraju da postoji više faktora koji mogu voditi do pojave „investicionog balona“ kod bitcoina. Prema ovim autorima prvi faktor je vezan za preterana očekivanja u vezi sa prihvatanjem bitcoina i generalno kriptovaluta kao sredstva razmene u međunarodnom platnom prometu.

U današnje vreme svedoci smo sve većeg obima prihvatanja kriptovaluta kao zvaničnog sredstva plaćanja od strane velikih trgovinskih distributera, što u svakom slučaju dovodi do daljeg rasta vrednosti trgovanja sa kriptovalutama. U prilog ovim tendencijama na međunarodnom finansijskom tržištu govori i činjenica da je najveća društvena mreža koja je izmenila ime u Meta⁴ najavila uvođenje svoje kriptovalute. Ova globalna društvena mreža svoju kriptovalutu je inicijalno nazvala *Libra*. Inicijalno imenove kriptovalute promenjeno je tokom 2021. godine u *Diem*. Očekuje se da će ova nova kriptovaluta, a čiji datum uvođenja na tržište zavisi od odluke regulatornih organa, prevashodno Federalnih rezervi US (FED), još više proširiti način upotrebe kriptovaluta od strane pojedinačnih korisnika društvenih mreža.

Drugi faktor se može vezati za motivaciju učesnika na mreži usled jeftinijeg „rudarenja“⁵, a koji je vezan za širu dostupnost i jeftiniju vrednost nove tehnologije koja se koristi za „rudarenje kriptovalutama“. I ovaj faktor treba uzeti sa rezervom jer je u doba pandemije vrednost svih metala dostigla svoje istorijske vrednosti. Usled povećane agregatne tražnje vrednost plemenitih metala, pre-

Jednom uneti podaci o transakciji više se ne mogu obrisati.

⁴ Meta je novo ime najveće društvene mreže Facebook koje je krajem oktobra 2021. godine promenjeno kako bi se uvelo jedinstveno korporativno ime za više različitih društvenih mreža koje se nalazi u vlasništvu Meta kao što je Facebook, Instagram, WhatsApp, Messenger.

⁵ Rudarenje kriptovalutama – *cryptocurrency mining* je pojam koji je vezan za način pribavljanja kriptovaluta kao što je Bitcoin od strane pojedinačnih korisnika koji koriste kompjuterske sisteme sa jakim GPU procesorima koji su vezani za najnovije grafičke kartice, a koji se koriste za rešavanje složenog matematičkog algoritma, kojim se na virtuelnoj mreži vrši „iskopavanje kriptovaluta“.

vashodno zlata dostigla je vrednost trgovanja na LBMA (*London Bullion Market Assotiation*) od oko 1.900,00 USD/troy oz (Živanović, 2020), dok je vrednost bakra kao primarnog metala na LME (*London Metal Exchange*) takođe dostigla istorijsku vrednost trgovanja koja je tokom 2021. godine bila i preko 10.000,00 USD/t. Ovi metali (zlato i bakar) učestvuju u proizvodnji hardverskih komponenti koje se koriste u okviru „rudarenja kriptovalutama“ i za obavljanje elektronskog transfera sa kriptovalutama, tako da je realno očekivati rast cene svih komponenta koje se koriste u novim tehnološkim rešenjima vezanim za kriptovalute.

Na drugoj strani imamo uticaj kulturoloških faktora koji su vezani za „rudarenje kriptovalutama“. Postoji korelaciona veza u kojoj cene kriptovaluta dovode do veće zainteresovanosti krajnjih korisnika za početak „rudarenja“ (Kristoufek, 2015). Isti autor smatra da postoji uzajamna povezanost između internet pretraživanja vezanih za kriptovalute i cene kriptovaluta (Kristoufek, 2013). Na drugoj strani *Cochrane* ističe da pravljenje „investicionog balona“ može biti vezano za povećanu zainteresovanost krajnjih korisnika za kriptovalute, a što proizilazi iz veće zastupljenosti i lakšeg korišćenja interneta i pretraživanja pojmova koji su vezani za kriptovalute (Cochrane, 2002).

U ovom radu biće analizirani uticaji koji dve najzastupljenije kriptovalute kao što su BTC i ETH imaju na globalnom finansijskom tržištu, kao i analiza uticaja ovih kriptovaluta na formiranje novog investicionog portfolija od strane individualnih i institucionalnih investitora, odnosno izračunavanje procenta zastupljenosti BTC i ETC u novoformiranom optimalnom investionom portfolio koji nudi najveći stepen diverzifikacije.

3. Teorijska postavka predloženog modela

Teorijska postavka predloženog modela zasnovana je na posmatranju istorijskih vrednosti trgovanja na međunarodnom finansijskom tržištu za dve najzastupljenije kriptovalute kao što su BTC i ETH. Na bazi vrednosti trgovanja pretpostavljena je primena modela koji je zasnovan na DCC GARCH metodologiji (*Dynamic Conditional Correlation GARCH model*), odnosno primeni dinamičke uslovne korelacije zasnovane na GARCH modelu. DCC GARCH model je korišćen kako bi se pokazala visoka volatilnost koja postoji u trgovanju sa kriptovalutama (Engle, 2002).

Volatilnost meri varijaciju cene jedne finansijske imovine ili finansijske varijable, i može se definisati kao odstupanje određene imovine od svoje prosečne cene za dati vremenski period. U analizi je korišćena vremenska serija koja obuhvata period od tri godine između 2018. i 2021. godine. Za dve posmatrane kriptovalute, volatilnost varira tokom vremena, što ukazuje na heteroskedastičnost modela. U teoriji postoje dva GARCH modela. Kako je modelom predviđeno posmatranje dve varijable primenjen je multivarijantni GARCH model (*multi-*

variate GARCH model) koji meri volatilnost jedne varijable u odnosu na drugu. DCC GARCH model (Engle i Sheppard, 2001) može biti postavljen kao:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (1)$$

gde je H_t matrica kovarijanse, a R_t $n \times n$ matrica uslovne korelacije povrata. Dijagonala matrice D_t može biti izražena kao:

$$D_t = \begin{bmatrix} \sqrt{h_{1t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{2t}} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \sqrt{h_{nt}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Prikazana matrica u formuli 2 sastoji je od jednovarijantnog GARCH modela (*univariate GARCH model*). Kada je matrica definisana potrebno je ispuniti dva preduslova. Prvi preduslov je da H_t ima pozitivnu vrednost, pošto se radi o matrici koja prikazuje kovarijansu, i drugi uslov je da delovi matrice koji su vezani za R_t moraju biti manji od jedan. Ovi uslovi su zadovoljeni putem sledeće dekompozicije:

$$R_t = \text{diag}(q_{ii})^{-1} Q_t \text{diag}(q_{ii})^{-1} \text{ za } i = 1 \dots n \quad (3)$$

$$Q_t = (1 - a - b)\bar{Q} + \alpha \epsilon'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (4)$$

gde je $\bar{Q} = \text{Cov}[\epsilon_t \epsilon'_t] = E[\epsilon_t \epsilon'_t]$.

Procena \bar{Q} može biti prikazana kao:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \epsilon_t \epsilon'_t \quad (5)$$

Vrednosti α i β treba da budu veće od nule, ali njihov zbir mora da bude manji od 1.

Kao teorijska postavka modela koji se odnosi na formiranje optimalnog investicionog portfolija, korišćena je metoda nelinearne optimizacije zasnovane na generalisanom redukovanom gradijentu (*Generalized Reduced Gradient - GRG*).

Kao osnova GRG metode potrebno je definisati nelinearni problem optimizacije sa nelinearnim ograničenjima. GRG metoda razvijena je iz procedure ograničenih varijacija. U modelu su optimizovane dve varijable kao što je BTC i ETH, koje su date kao varijable x_1 i x_2 uz ograničenje $f(x_1, x_2) = 0$. Metoda GRG koristi pristup koji bi trebalo da pronađe pravac za poboljšanje funkcije cilja uz zadovoljenje jednačina ograničenja. Ovo se sprovodi tako što se izvodi

redukovani gradijent. Nezavisne varijable modela koje su u modelu određene u vidu kretanja vrednosti trgovanja za kriptovalute BTC i ETH su podeljene na bazne i nebazne. Baznih varijabli x_b ima m , a nebaznih varijabli x_{nb} ima $(n-m)$. Na bazi ovih postavki funkcija ograničenja za m baznih varijabli u odnosu na $(n-m)$ nebaznih varijabli može biti prikazan u obliku funkcije:

$$f_i(x) = f_i(x_b, x_{nb}) = 0 \quad \text{za } i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

Funkcija cilja primenom GRG metode može se definisati kao funkcija:

$$f_i(x) = \sum_{j=1}^m \frac{\partial f_i(x_k)}{\partial x_j} dx_{j,b} + \sum_{j=m+1}^n \frac{\partial f_i(x_k)}{\partial x_{j,nb}} dx_{j,nb} = 0, \quad \text{za } i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

Na bazi teorijskih postavki modela sprovedena je analiza koja se odnosi na formiranje optimalnog investicionog portfolija od strane pojedinačnih ili institucionalnih investitora, koji uključuje formiranje portfolija koji je sačinjen od realne, alternativne i tradicionalne finansijske aktive.

4. Statistička evaluacija predloženog modela

U okviru statističke evaluacije predloženog modela, posmatrane su istorijske vrednosti trgovanja za tradicionalne oblike finansijske imovine prikazane u obliku vrednosti trgovanja za kompanije *Nvidia corporation* (NVDA), *AMD - Advanced Micro Devices Inc.* (AMD), *IBM - International Business Machines Corporation* (IBM) i *Apple Inc.* (AAPL). Sve posmatrane hartije od vrednosti tradicionalnih oblika finansijske imovine predstavljaju finansijsku aktivu tehnoloških kompanija. Ove hartije od vrednosti su uzete u analizu iz razloga njihove povezanosti sa procesima koji se odnose na uvođenje i dalji razvoj tehnoloških inovacija kao osnove za trgovanje sa kriptovalutama.

Kao druga grupa hartija od vrednosti posmatrana je vrednost trgovanja za zlato. Zlato se u periodu negativnih ekonomskih ciklusa i shodno tome pojave ekonomske i finansijske krize izazvanih pandemijom COVID-19, posmatra kao realna finansijska imovina. Od strane investitora zlato se prihvata i kao *safe haven* imovina.

I kao treća grupa hartija od vrednosti koja je uzeta u analizu, posmatrane su vrednosti trgovanja za tzv. alternativnu finansijsku imovinu koja je izražena u obliku trgovanja sa kriptovalutama kao što su BTC i ETH. Upravo ovi novi oblici alternativne finansijske aktive ne bi bili mogući bez primene novih tehnologija na razvijenom međunarodnom finansijskom tržištu.

U analizi je korišćena vremenska serija za period koji prethodi pojavi globalne ekonomske i finansijske krize izazvane COVID-19, i to kao prosečna

mesečna vrednost trgovanja za 2018. godinu, period proglašene pandemije i period zaključno sa 31. oktobrom 2021. godine, a koji se može karakterisati kao period neizvesnosti u smislu daljeg kretanja globalne ekonomije.

Tabela 1. Pregled mesečnih cena trgovanja za varijable predloženog modela

M/Y	BTC	ETH	NVDA	AMD	IBM	APPL	GOLD
okt-21	61.318,96	4.288,07	207,50	102,60	141,00	141,90	1.775,68
sep-21	43.790,89	3.001,68	224,85	111,30	139,98	152,83	1.779,10
avg-21	47.166,69	3.433,73	197,00	105,93	141,45	146,36	1.784,03
jul-21	41.626,20	2.536,21	201,25	94,04	146,96	136,60	1.806,48
jun-21	35.040,84	2.274,55	162,70	81,01	145,00	125,08	1.835,33
maj-21	37.332,86	2.714,95	151,25	81,97	143,81	132,04	1.850,39
apr-21	57.750,18	2.773,21	135,72	80,16	133,76	123,66	1.760,24
mar-21	58.918,83	1.918,36	138,75	85,37	120,35	123,75	1.719,89
feb-21	45.137,77	1.416,05	130,53	86,83	119,90	133,75	1.811,09
jan-21	33.114,36	1.314,99	131,04	92,11	125,85	133,52	1.868,33
dec-20	29.001,72	737,80	134,92	92,25	123,90	121,01	1.854,88
nov-20	19.625,84	614,84	126,58	75,85	112,65	109,11	1.866,50
okt-20	13.781,00	386,59	137,58	83,06	122,36	117,64	1.901,40
sep-20	10.787,62	360,02	134,80	91,92	122,85	132,76	1.922,846
avg-20	11.680,82	435,08	107,32	78,19	123,50	108,20	1.969,87
jul-20	11.323,47	345,55	95,21	52,63	120,27	91,28	1.842,06
jun-20	9.137,99	226,32	88,33	53,31	124,64	79,44	1.733,13
maj-20	9.461,06	230,98	71,09	51,07	123,19	71,56	1.716,04
apr-20	8.658,55	207,60	63,91	44,18	106,36	61,63	1.681,48
mar-20	6.438,64	133,59	69,22	47,42	130,75	70,57	1.592,85
feb-20	8.599,51	219,85	58,92	46,40	144,25	76,07	1.597,96
jan-20	9.350,53	180,16	59,69	46,86	135,00	74,06	1.560,67
dec-19	7.193,60	129,61	54,12	39,32	134,45	66,82	1.478,04
nov-19	7.569,63	152,54	49,90	34,37	134,50	62,38	1.470,97
okt-19	9.199,58	183,97	43,75	29,05	145,59	56,27	1.494,78
sep-19	9.293,87	179,87	41,15	30,83	134,85	51,61	1.510,83
avg-19	9.360,66	172,47	42,28	30,50	148,90	53,47	1.497,95
jul-19	10.085,63	218,65	43,14	31,79	139,60	50,79	1.413,80
jun-19	10.817,16	290,70	33,98	28,75	127,10	43,90	1.358,77
maj-19	8.574,50	268,11	45,78	28,95	140,55	52,47	1.283,53
apr-19	5.350,73	162,17	45,81	25,42	141,51	47,91	1.287,05
mar-19	4.105,40	141,51	39,07	23,97	139,31	43,57	1.301,59
feb-19	3.854,79	136,75	36,13	24,61	134,97	41,74	1.319,91
jan-19	3.457,79	107,06	32,66	18,01	112,01	38,72	1.291,69
dec-18	3.742,70	133,37	43,15	22,48	125,67	46,12	1.248,91
nov-18	4.017,27	113,17	53,08	18,41	115,50	54,76	1.221,11
okt-18	6.317,61	197,38	71,04	30,69	151,71	56,99	1.215,06
sep-18	6.625,56	232,85	70,04	25,62	145,98	57,10	1.198,84

avg-18	7.037,58	283,00	61,53	18,34	144,76	48,78	1.201,55
jul-18	7.780,44	433,87	58,52	14,80	138,28	45,96	1.238,30
jun-18	6.404,00	455,18	63,50	13,98	142,43	47,00	1.281,85
maj-18	7.494,17	577,65	56,14	10,83	144,65	41,60	1.303,32
apr-18	9.240,55	669,92	57,19	9,99	153,34	41,66	1.334,56
mar-18	6.973,53	396,46	60,48	12,26	155,53	44,63	1.325,11
feb-18	10.397,90	855,20	59,63	13,62	163,19	41,79	1.332,65
jan-18	10.221,10	1.118,31	48,94	10,42	154,50	42,54	1.332,24

Izvor: Yahoo finance⁶

U tabeli 1 prikazane su prosečne mesečne vrednosti trgovanja. Korišćeni su podaci za sedam varijabli modela, od kojih četiri varijable modele pripadaju tradicionalnim oblicima finansijske aktive, dve varijable kao alternativne finansijske aktive i jedne varijable u obliku realne finansijske imovine date kao vrednost trgovanja sa zlatom. Na bazi podataka o prosečnoj mesečnoj ceni trgovanja u daljoj statističkoj analizi podataka izračunate su vrednosti povrata za svih sedam varijabli. Mesečni povrat može biti prikazan na bazi sledeće formule:

$$E|R| = \sum_{i=1}^n R_i P_i \quad (8)$$

gde R_t predstavlja mesečni povrat, a P_t i R_{t-1} cenu finansijske aktive u momentu t i $t-1$.

Nakon izračunavanja vrednosti mesečnog povrata za varijable izračunate su vrednosti prosečnog mesečnog povrata za vremensku seriju, mesečne varijable, godišnjeg povrata i godišnje varijanse. Formula za izračunavanje varijanse korišćena je kako bi se izračunala razlika između projektovanih i stvarnih rezultata. Dobijanjem ovih vrednosti bilo je moguće izračunati vrednosti očekivanog povrata za svih sedam varijabli predloženog modela. U daljoj analizi dobijeni podaci su korišćeni za dobijanje vrednosti date u matrici varijanse-kovarijanse što je prikazano u tabeli 2.

Tabela 2. Matrica varijanse-kovarijanse

	BTC	ETH	NVDA	AMD	GOLD	IBM	AAPL
BTC	5.945,685	6.852,611	(39,539)	854,478	(43,788)	400,931	(259,303)
ETH	6.852,611	13.090,689	(294,886)	988,715	196,601	820,837	(214,619)
NVDA	(39,539)	(294,886)	2.142,677	1.621,750	(82,979)	705,720	1.129,337
AMD	854,478	988,715	1.621,750	3.358,359	(0,603)	1.051,703	939,815
GOLD	(43,788)	196,601	(82,979)	(0,603)	95,514	12,514	(5,705)
IBM	400,931	820,837	705,720	1.051,703	12,514	905,282	432,795
AAPL	(259,303)	(214,619)	1.129,337	939,815	(5,705)	432,795	1.144,290

Izvor: Istraživanje autora

⁶ Yahoo Finance – <https://finance.yahoo.com>

Kako bismo formirali optimalni investicioni portfolio u daljoj analizi korišćen je podatak visini bezrizične kamatne stope (*risk-free rate*), a koja se prikazuje kao kamatna stopa na desetogodišnje trezorske zapise američkih centralnih rezervi FED (*US Treasury Bills*). Bezrizična kamatna stopa je na dan 3. novembra 2021. godine iznosila 1,60%⁷. Na bazi ovog podatka bilo je moguće izračunati očekivani povrat, stopu rizika i Šarpov racio (*Sharpe ratio*). Očekivani povrat predstavlja projektovani iznos profita ili gubitka investitora u zavisnosti od ulaganja u određenu investiciju ili finansijsku aktivu. On se izračunava na bazi sledeće formule:

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \quad (9)$$

gde $E|R|$ predstavlja očekivani povrat, R_i povrat u slučaju scenarija i , P_i verovatnoću povrata R_i u slučaju scenarija i , i n predstavlja broj investicionih scenarija. Rizik je predstavljen kao vrednost tržišnog rizika za sve posmatrane varijable modela koji čine investicioni portfolio. Na kraju je izračunata i vrednost Šarpovog racija kako bi bilo moguće prikazati povrat koji se očekuje od određene investicije u finansijsku aktivu u poređenju sa njenim rizikom. Šarpov racio se izračunava kao:

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p} \quad (10)$$

gde R_p povrat na nivou portfolija, R_f bezrizična kamatna stopa i σ_p predstavlja standardnu devijaciju očekivanog povrata na nivou jednog investicionog portfolija. gde povrat na nivou portfolija, bezrizična kamatna stopa i predstavlja standardnu devijaciju očekivanog povrata na nivou jednog investicionog portfolija.

Za izračunavanje optimalnog investicionog portfolija pretpostavili smo da svih sedam varijabli predloženog modela ima jednak raspored, tj. da je obim ulaganja investitora jednako raspodeljen na svih sedam varijabli po 14,285%. Na bazi jednakog rasporeda investicionog portfolija koje čine posmatranih sedam varijabli modela dobijene su vrednosti očekivanog povrata od -13,88, stope tržišnog rizika od 34,05, i Šarpovog racija od -0,45. Dobijene vrednosti ukazuju na visok stepen volatilnosti tokom posmatranog perioda, negativne stope povrata na uloženi kapital što je posledica recesionog ekonomskog ciklusa, visoke stope tržišnog rizika u skladu sa neizvesnošću budućeg poslovanja kompanija i shodno svim ovim elementima, uključujući stopu bezrizične kamatne stope od 1,60%, dobijena je negativna vrednost Šarpovog racija. Koristeći GRG metodu nelinearne optimizacije formiran je optimalni investicioni portfolio, a koji daje najvišu vrednost Šarpovog racija. Vrednosti za jednak i optimalni portfolio datesu u tabeli 3.

⁷ Risk-free rate – https://ycharts.com/indicators/10_year_treasury_rate

Tabela 3. *Portfolio sa jednakim rasporedom i optimalni portfolio*

Portfolio sa jednakim rasporedom		Optimalni portfolio	
BTC	0,14286	BTC	0,00000
ETH	0,14286	ETH	0,20905
NVDA	0,14286	NVDA	0,00000
AMD	0,14286	AMD	0,00000
IBM	0,14286	IBM	0,79095
AAPL	0,14286	AAPL	0,00000
GOLD	0,14286	GOLD	0,00000
SUM	1,00000	SUM	1,00000
Očekivani povrat	-13,88	Očekivani povrat	9,59
Tržišni rizik	34,05	Tržišni rizik	37,55
Šarpov racio	-0,45	Šarpov racio	0,21

Izvor: Istraživanje autora

U optimalnom investicionom portfoliju učestvuju samo dve posmatrane varijable i to hartije od vrednosti kompanije IBM od 79,095% i trgovanje kriptovalutom ETH u iznosu od 20,905%. Pri ovom rasporedu investicionog portfolija, a na bazi sedam posmatranih varijabli, moguće je ostvariti kratkoročnu maksimalnu diverzifikaciju koja investitorima omogućava pozitivnu vrednost očekivanog povrata od 9,59% za razliku od portfolija sa jednakim rasporedom gde je vrednost očekivanog povrata negativna i iznosi -13,38%. Tržišni rizik se kod optimalnog portfolija povećao sa 34,05% na 37,55%. Ovo je prevashodno vezano za učešće kriptovalute u optimalnom investicionom portfoliju, jer je vrednost kriptovaluta u dosadašnjem periodu pokazala izuzetno visoku volatilnost. I na kraju, uzimajući u obzir vrednosti očekivanog povrata, tržišnog rizika i bezrizične kamatne stope, dobijena je mala pozitivna vrednost Šarpovog racija od 0,21% za novoformirani optimalni investicioni portfolio.

Ukoliko predloženi model proširimo sa još jednom pretpostavkom, a koja se odnosi na ograničenje da investitori žele da formiraju investicioni portfolio u kojem učešće pojedinačne finansijske aktive nije manje od 5%, a ni više od 20% ulaganja kapitala, dobijamo primenom GRG metode sledeću strukturu optimalnog investicionog portfolija, kako je to prikazano u tabeli 4.

Iz tabele 4 možemo videti da za sedam posmatranih varijabli modela, usled želje investitora da disperzuju rizik ulaganja preraspodelom svojih ulaganja kapitala na svih sedam oblika finansijske aktive, dobijamo da je učešće alternativne finansijske aktive 20%, realne finansijske aktive takođe 20%, i tradicionalne finansijske aktive u iznosu od 10% ulaganja u AAPL, i po 5% u NVDA i AMD. Pri ovoj novoj optimalnoj strukturi investicionog portfolija očekivani povrat je ponovo negativan i iznosi -5,98%, tržišni rizik se povećava na 39,70% što je posledica visokog učešća kriptovaluta u novoformiranom investicionom portfoliju, i kao posledica ovih vrednosti dobijamo negativnu vrednost Šarpovog

racija od $-0,19\%$. Ova vrednost je značajno niža u odnosu na negativnu vrednost od $-0,45\%$ kod portfolija sa jednakim rasporedom, ali ima i dalje negativnu vrednost što ukazuje na visok nivo opreznosti prilikom investicionog ulaganja u novonastalim vanrednim okolnostima, koje su izražene recesionim ekonomskih trendom usled posledica pandemije.

Tabela 4. Optimalni investicioni portfolio sa ograničenjem vrednosti 5–20%

Optimalni portfolio 5–20%	
BTC	0,20000
ETH	0,20000
NVDA	0,05000
AMD	0,05000
IBM	0,20000
AAPL	0,10000
GOLD	0,20000
SUM	1,00000
Očekivani povrat	$-5,98$
Tržišni rizik	$39,70$
Šarpov racio	$-0,19$

Izvor: Istraživanje autora

5. Zaključna razmatranja

Kao zaključak možemo istaći da je na bazi DCC GARCH metodologije pokazana izuzetna volatilitnost za alternativne oblike finansijske aktive, u vidu prosečne mesečne vrednosti trgovanja sa kriptovalutama BTC i ETC, kao i da su na bazi predloženog modela formiranja optimalnog investicionog portfolija primenom GRG nelinearnog modela optimizacije, dobijena dva potencijalna oblika optimalnog investicionog portfolija, a koja se mogu primeniti u trenutnom globalnom negativnom ekonomskom ciklusu.

Predloženi model je prikazao da u optimalnom investicionom portfoliju posmatrajući vrednosti trgovanja sa sedam varijabli, kriptovalute imaju značajan procent u novoformiranoj strukturi portfolija. Formiranje optimalnog investicionog portfolija sprovedeno je za vremensku seriju od 2018–2021. godine. Ova vremenska serija karakteristična je po tome što su uzeti podaci za prosečnu mesečnu vrednost trgovanja za period pre proglašenja pandemije, period 2019. godine kada je proglašena pandemija, a što je uslovalo negativna ekonomska i finansijska kretanja, kao i period 2020. zaključno sa 31. oktobrom 2021. godine kao periodom u kojem se globalna finansijska tržišta susreću sa do sada nezapamćenim obimom finansijske krize. Posmatrani period 2021. godine može se nazvati i kao period neizvesnosti. Period neizvesnosti karakterističan je po

tome što se ne zna sa tačnošću do kog perioda će trajati pandemija, koji će biti krajnji troškovi koji opterećuju fiskalnu sferu i budžete zemalja, koliko će u 2021. godini, posebno u poslednjem kvartalu ove godine, biti novih zatvaranja (*lockdown*) u cilju sprečavanja širenja epidemije, i da li će se pandemija i sa kojim obimom proširiti i na narednu 2022. godinu. Sve ovo utiče na globalna ekonomska i finansijska kretanja, a shodno tome i na odluku investitora u vezi sa novim ulaganjima kapitala i restrukturiranjem postojećih investicionih portfolija.

Da li će primena nove tehnologije omogućiti da se u budućem vremenskom periodu sve više koristiti trgovanje sa kriptovalutama koje su direktno posledica primene nove tehnologije zavisice od mnogo faktora, a koji su prevashodno uslovljeni širom primenom regulatornih standarda koji bi trebalo da spreče zloupotrebu u korišćenu kriptovaluta u međunarodnom platnom prometu. Regulatorna pravila doprineće većoj stabilnosti i snižavanju volatilnosti trgovanja sa kriptovalutama što će dovesti do veće zainteresovanosti potencijalnih privatnih i institucionalnih investitora da na srednji rok imaju veći obim trgovanja sa kriptovalutama. Takođe, veća primena kriptovaluta uslovljena je i daljim razvojem informacionih tehnologija koje će obezbediti širu dostupnost i lakše korišćenje od strane individualnih korisnika svih oblika kriptovaluta. Kriptovalute u jednom momentu mogu da postanu supstitut nekim do sada poznatim oblicima realne finansijske aktive i novca. Za sada su nove informacione tehnologije omogućile popularizaciju različitih oblika alternativne finansijske aktive u vidu kriptovaluta od kojih su najzastupljenije BTC i ETH. Očekuje se da će popularnost i povećanje prometa kriptovalutama rasti usled razvoja novih tehnoloških rešenja koje će omogućiti veće prisustvo kriptovaluta u prometu finalnih proizvoda, a što je uslovljeno prihvatanjem kriptovaluta u prometu od strane velikih *retail* kompanija (*Amazon, eBay, AliBaba* itd.).

Literatura:

- Basel Committee On Banking Supervision. (2001). The Internal Ratings-Based Approach. *Bank for International Settlements, January*, 1–102. <https://www.bis.org/publ/bcbsca05.pdf>
- Chaim, P., i Laurini, M. P. (2018). Is Bitcoin a bubble? *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 517 (November), 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.11.031>
- Cochrane, J. (2002). *Stocks as Money: Convenience Yield and the Tech-Stock Bubble*. <https://doi.org/10.3386/w8987>
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., i Kalyanaraman, V. (2016). BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2, 1–19. <https://doi.org/10.1515/9783110488951>

- Engle, R. (2002). Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350.
- Engle, R., i Sheppard, K. (2001). Correlation Multivariate GARCH : Theoretical and Empirical properties of Dynamic Conditional. *NBER Working Paper*, 8554.
- Ivashina, V., i Scharfstein, D. (2010). Bank lending during the financial crisis of 2008. *Journal of Financial Economics*, 97(3), 319–338. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2009.12.001>
- Jared, B. (2018). *Cryptocurrency Mining*.
- Kristoufek, L. (2013). BitCoin meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the relationship between phenomena of the Internet era. *Scientific Reports*, 3 (May), 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep03415>
- Kristoufek, L. (2015). What are the main drivers of the bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis. *PLoS ONE*, 10 (4), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123923>
- Lasdon, L., Fox, R., i Ratner, M. (1974). Nonlinear optimization using the generalized reduced gradient method. *Revue Française d'automatique, Informatique, Recherche Opé- Rationnelle*, 8 (V3), 73–103.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin - A peer-to-peer Electronic Cash System. *Bitcoin.Org*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10838-008-9062-0>
- Ober, M., Katzenbeisser, S., i Hamcher, K. (2013). Structure and Anonymity of the Bitcoin Transaction Graph. *Future Internet*, 5, 237–250. <https://doi.org/10.3390/fi5020237>
- Oorschot, P. (2021). *Information, Security and Cryptography*. Springer International Publishing.
- Sam, V. (2017). Crypto Revolution - Bitcoin, cryptocurrency and the future of money. In *Southbank Investment Research*.
- Živanović, V. (2019). Bitcoin - The Reserve Currency or Investment Opportunities. *Rivista Italiana Di Antropologia Applicata*, V(1), 50–59. <https://doi.org/10.32054/2499-1848-2019-1-5>
- Živanović, V. (2020). The impact of changes in the base and precious metals prices on credit risk factors. *Megatrend Revija*, 17(2), 45–64. <https://doi.org/10.5937/megrev2002045z>

NEW TECHNOLOGIES AND THE ROLE OF CRYPTOCURRENCY AT THE LEVEL ON AN INVESTMENT PORTFOLIO

Abstract: *New technologies have a significant role in modern financial markets. The application of new technologies, application and software solutions has enabled financial institutions and individual and institutional investors to use mathematical-statistical and econometric models, which are based on analysis and evaluation of investment portfolios, financial risk assessment and extrapolation, as well as predictability related to cyclical economic trends, which are directly reflected in the investment portfolio. Due to the impact of the financial crisis, and especially due to global negative economic trends caused by the COVID-19 pandemic, alternative forms of financial assets that are directly created by the application of new technologies are becoming increasingly important in the international financial market. These alternative forms of financial assets are presented as cryptocurrencies. Bitcoin is the first cryptocurrency in the global financial market, and Ethereum is the second cryptocurrency in terms of market turnover. In this regard, arises the question: "Do these two leading cryptocurrencies have a significant impact on the modern financial market, as well as on the decision of individual and institutional investors regarding a different structure of the investment portfolio?" Restructuring the investment portfolio by including cryptocurrencies, aims to achieve portfolio diversification in order to better manage market and financial risks. This paper will analyze the impact of cryptocurrencies, their volatility, turnover volume and the possibility of using them as alternative financial assets of an optimal investment portfolio.*

Keywords: *new technologies, international financial markets, cryptocurrencies, investment portfolio*