

# BLOCKCHAIN KAO INFRASTRUKTURA PAMETNIH GRADOVA

---

Ivandić, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of economics Split / Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:124:158213>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-26**

*Repository / Repozitorij:*

[REFST - Repository of Economics faculty in Split](#)



**Sveučilište u Splitu**  
**Ekonomski fakultet**

**DIPLOMSKI RAD**

**BLOCKCHAIN KAO INFRASTRUKTURA  
PAMETNIH GRADOVA**

**Mentor:**

**izv.prof.dr.sc. Mario Jadrić**

**Student:**

**Matej Ivandić**

**Lipanj 2020.godine, Split**

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problem istraživanja .....	2
1.2. Predmet istraživanja .....	3
1.3. Postavljanje istraživačkih hipoteza .....	4
1.4. Svrha istraživanja .....	5
1.5. Ciljevi istraživanja .....	5
1.6. Metode istraživanja.....	6
1.7. Doprinos istraživanja .....	7
1.8. Sadržaj diplomskog rada .....	7
<b>2. PAMETNI GRADOVI</b> .....	<b>9</b>
2.1. Definicija pametnog grada.....	9
2.2. Internet of things i upotreba u gradovima .....	12
2.3. Sigurnost podataka u pametnim gradovima .....	16
2.4. Čimbenici pametnog grada .....	18
2.5. Centralizirani i decentralizirani pristup u pametnim gradovima .....	22
<b>3. BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJA</b> .....	<b>24</b>
3.1. Što je blockchain? .....	24
3.1.1. Arhitektura blockchaine .....	26
3.1.2. Blockchain protokoli.....	27
3.2. Pametni ugovori .....	29
3.3. Vrste blockchain mreža .....	32
3.3.1. Javna mreža .....	33
3.3.2. Privatna mreža .....	34
3.3.3. Hibridna mreža .....	35
3.4. Prednosti blockchaine .....	36
3.4.1. Decentralizacija .....	36
3.4.2. Transparentnost .....	37
3.4.3. Povjerljivost .....	37
3.4.4. Sigurnost .....	38
3.5. Problemi blockchaine.....	39
3.5.1. Skalabilnost .....	39
3.5.2. Privatnost.....	40

3.5.3. Pristup eksternim podacima .....	41
<b>3.6. Primjena blockchaina u pametnim gradovima .....</b>	<b>41</b>
3.6.1. Javna uprava .....	42
3.6.2. Transport .....	43
3.6.3. Zdravstveni sustav .....	45
3.6.4. Financijski sustav .....	46
3.6.5. Energetski sustav .....	48
<b>4. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE.....</b>	<b>49</b>
4.1. Definiranje uzorka .....	49
4.2. Metodologija istraživanja .....	49
4.3. Rezultati i analiza provedenog istraživanja .....	49
4.4. Testiranje hipoteza .....	51
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>66</b>
<b>6. SAŽETAK.....</b>	<b>67</b>
<b>7. SUMMARY.....</b>	<b>67</b>
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>68</b>
Popis tablica i slika.....	72
Prilozi .....	74

## 1. UVOD

Izazovi koji se javljaju pred modernim i suvremenim gradovima postaju sve veći, a brzi rast stanovništva i ograničenost resursa zahtijevaju bolje i učinkovitije upravljanje gradovima. Ispravno korištenje tehnologije može uvelike olakšati razvoj gradova i povećati kvalitetu života u njima.

Gradovi koji uspješno koriste tehnološka rješenja za svakodnevno funkcioniranje nazivaju se pametni gradovi.

Smart City ili pametni grad je pojam koji Washburn et al. (2010.) definiraju kao grad koji koristi suvremene tehnologije za sastavljanje kritičnih infrastrukturnih komponenti i usluga grada - uključujući gradsku administraciju, obrazovanje, zdravstvo, javnu sigurnost, promet nekretninama, transport i komunalije – te ih čini inteligentnijima, međusobno povezanim i učinkovitijima. Singh (2018) pametni grad definira kao termin koji identificira tehnologiju kao pokretača ugodnog života. U studiji Harrison et al. (2010.), pametan grad označava instrumentirani, međusobno povezani i inteligentni grad. MohammadZadeh et al. (2019) navode da dolazi do povećanja broja pametnih gradova zbog povećanja broja pametno povezanih vozila i Interneta stvari (IoT) gdje je povezan širok raspon uređaja za razmjenu podataka.

Grad je živi organizam koji se svakodnevno razvija, a da bi se grad ispravno razvio njegov razvoj je potrebno planirati, njime upravljati, kontrolirati ga i optimizirati.

I pojam pametnog grada i blockchaina je već neko vrijeme u upotrebi. Haber i Storeneta (1991) prvi objavljuju rad o kriptografski povezanim blokovima, međutim blockchain kakav danas poznajemo se javlja kada je Nakamoto (2008) u svome radu iznio ideju o kriptovaluti Bitcoin. Pinna et al. (2018) smatraju da je sve do danas bitcoin najpoznatija i najvažnija kriptovaluta.

Tschorsch i Scheuermann (2016) blockchain predstavljaju kao decentraliziranu, nepromjenjivu i javnu bazu podataka. Koncept blockchaina temelji se na peer-to-peer mrežnoj arhitekturi u kojoj informacije o transakcijama ne kontrolira niti jedan centralizirani entitet. Transakcije pohranjene u lancu blokova javno su dostupne svim članovima blockchain mreže na pouzdan način, te mreža koristi konsenzusne mehanizme i kriptografiju za potvrđivanje

legitimnosti transakcija podataka. Shibata (2019) smatra da je blockchain rastući popis blokova podataka koji su dizajnirani tako da budu otporni na promjene. Nguyen et al. (2019) navode da blockchain tehnologija preuzima svijet te je sa svojom decentraliziranom, transparentnom i sigurnom prirodom postao disruptivna tehnologija za novu generaciju brojnih industrijskih aplikacija.

I dok su neke od ideja i prednosti koje se spominju u svezi blockchainea kao i pametnih gradova prenapuhane, oba koncepta i dalje mogu donijeti velike prednosti u razvoju modernih gradova.

### **1.1. Problem istraživanja**

Današnji gradovi se susreću s mnogobrojnim problemima, kao što je logistika, transport, zdravstveni sustav, promet, javna uprava, rast stanovništva, sigurnost, ubrzani rast cijena nekretnina i sl. Monzon (2015) smatra da su gradovi također mjesta na kojima su nejednakosti jače i ako se njima pravilno ne upravlja, negativni učinci mogu nadmašiti pozitivne. Pournaras (2019) navodi da urbana okruženja postaju veoma kompleksna i digitalno se transformiraju. Postavlja se pitanje može li tehnologija i tehnološka rješenja omogućiti bolji razvoj gradova i omogućiti pametnije upravljanje resursima. Chourabi et al. (2012.) navode da više od pola svjetskog stanovništva živi u gradovima, te se trend iseljavanja stanovništva iz sela u gradove očekuje i u narednim desetljećima.

Routray et al. (2019) u svome radu navode da pametni gradovi omogućavaju mnoge nove usluge koje u tradicionalnoj gradskoj infrastrukturi nije moguće pravilno izvesti. U ovome radu će se istražiti upravo može li blockchain tehnologija kao jedno od tehnoloških rješenja omogućiti bolji i održiviji razvoj pametnih gradova. Sama činjenica da je u 2018. godini bilo 4673 patenta, a u 2019. 2354 patenta iz područja blockchain tehnologije govori o zanimanju stručnjaka i najvećih svjetskih organizacija za ovo područje (Statista, 2019).

Kichin (2014) smatra da je pametnom gradu prioritet analiza i prikupljanje podataka s ciljem podupiranja razvoja utemeljenog na informacijama, uvođenje novih načina tehnokratskog upravljanja, osnaživanje građana putem otvorenih, transparentnih informacija i poticanje ekonomskih inovacija i rasta. Podaci se stoga smatraju važnim sastavnim materijalom za ostvarivanje pametne vizije grada. Pametni gradovi podrazumijevaju veliku upotrebu Internet

of Things rješenja i raznih senzora upravo radi prikupljanja podataka, a zbog same naravi takvog sadržaja Joh (2019) postavlja pitanje privatnosti građana i sigurnosti njihovih podataka. Biswas i Muthukkumarasamy (2016) smatraju da je značajni napredak u IoT-u i bežičnoj komunikaciji olakšao međusobno povezivanje niza uređaja i omogućio im sveprisutni prijenos podataka čak i s udaljenih mjesta. Međutim, ovi su sustavi koriste mnogo podataka kao što su lokacije, osobne i financijske informacije i, stoga, moraju biti sposobni obraniti se od sigurnosnih napada. Postoji nada da se ovi problemi mogu riješiti uz pomoć tehnologije koja se naziva blockchain.

Becket al. (2018) predstavlja blockchain kao revolucionarnu tehnologiju. Liang et al. (2017) navode da je blockchain tehnologija privukla interes zbog zajedničke, distribuirane baze podataka koja je otporna na greške i u kojoj su razmjenjivane informacije otporne na manipulaciju. Blockchain mreža je distribuirana javna knjiga u kojoj o svakoj pojedinačnoj transakciji svjedoče te je provjeravaju mrežni čvorovi, a decentralizirana arhitektura može se iskoristiti za razvoj sigurne pohrane podataka. Kushch et al. (2019) govore o tome da je dizajn mehanizama kontrole pristupa brojnim sustavima izazovan te mora uspostaviti pravi odnos između dozvola i ograničenja što se može također riješiti blockchainom.

S obzirom da je prošla početna faza uzbuđenja oko blockchain tehnologije i uz nju usko vezanih kriptovaluta istražiti će se stvarni primjeri primjene ove tehnologije u svrhu razvoja pametnih gradova, njen daljnji potencijal, te ostvaruju li gradovi koji koriste blockchain tehnologiju prednosti nad gradovima koji ne koriste ovu vrstu tehnologije.

## **1.2. Predmet istraživanja**

Predmet istraživanja u ovome radu će biti pametni gradovi i blockchain tehnologija.

Blockchain tehnologija može smanjiti administraciju i ubrzati donošenje odluka. Smatra se da su decentralizacija i transparentnost jedne od ključnih prednosti ove tehnologije, a da se korištenjem pametnih ugovora, koji su jedna od ključnih funkcionalnosti, može povećati efikasnost pri upravljanju a njihovo automatsko izvršavanje, pri čemu nije potrebna prisutnost treće osobe, može ubrzati donošenje odluka. Nasulea i Mic (2018) smatraju da blockchain tehnologija ima ogroman potencijal kada je riječ o pametnim zajednicama budućnosti.

Često mijenjanje odluka i nemogućnost donošenja ispravnog automatiziranog rješenja predstavlja jedan od izazova koji se može riješiti blockchainom, a također, mnogi stručnjaci smatraju da blockchain tehnologija gradovima koji je koriste može donijeti komparativnu prednost u odnosu na one gradove koji je ne koriste. Na taj način se ti gradovi mogu brže razvijati i povećati kvalitetu života svojih građana u odnosu na one koji je ne koriste.

Transparentnost predstavlja još jednu potencijalnu prednost blockchaine, jer će se korištenjem te tehnologije omogućiti svakome na mreži uvid u sve trenutne i prethodne transakcije i kako se raspolaže resursima. Kim i Kang (2017) u svome radu govore o tome da se transakcije koje se odvijaju na javnoj blockchain mreži mogu lako pratiti što onemogućava netransparentnost i korupciju u radu. Kshetri i Voas (2018) smatraju da blockchain može nadoknaditi nedostatak učinkovitih formalnih institucija, pravila, zakona, propisa i njihovu neučinkovitu primjenu.

Smatra se da će ovakav način funkcioniranja i upravljanja gradom smanjiti stopu korupcije i povećati informiranost građana, a kao što je već spomenuto, s obzirom da pametni gradovi koriste mnoge senzore i uređaje za prikupljanje podataka i koriste te podatke za njihovu daljnju obradu, javlja se i pitanje može li blockchain radi svoje decentralizirane i distribuirane strukture omogućiti sigurnu pohranu ovih podataka i onemogućiti njihovu manipulaciju.

### **1.3. Postavljanje istraživačkih hipoteza**

U radu će se postaviti jedna glavna hipoteza i tri pomoćne hipoteze koje će pomoći u testiranju glavne hipoteze:

**H<sub>1</sub>: Blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove**

**H<sub>1.1</sub>: Decentralizacija i transparentnost su ključne prednosti blockchain tehnologije**

**H<sub>1.2</sub>: Primjena blockchaine je povezana s povjerenjem prema javnim institucijama**

**H<sub>1.3</sub>: Blockchain može povećati sigurnost rješenja za pametne gradove**

Rezultati empirijskog istraživanja dobiti će se provođenjem ankete. Pomoću prikupljenih podataka donijeti će se odluka za prihvatanje ili odbacivanje navedenih hipoteza. Na taj način



će se odrediti je li blockchain perspektivna tehnologija koja može poslužiti u uspješnom razvoju pametnih gradova.

Po provođenju anketnog istraživanja i prikupljanju svih podataka, pristupiti će se obradi istih.

Za obradu podataka, odnosno utvrđivanje rezultata istraživanja iz provedenog anketiranja koristiti će se statističke metode obrade podataka, kroz program SPSS Statistic Viewer. Različitim statističkim testiranjima se želi utvrditi postoji li ili ne postoji zavisnost između dviju varijabli, pomoću čega će se utvrditi prihvaća li se ili odbacuje pomoćna, odnosno radna hipoteza.

U ovome istraživanju će se za dokazivanje istinitosti pomoćnih hipoteza koristiti Spearmanov test korelacije ranga i crosstabulation.

#### **1.4. Svrha istraživanja**

Svrha istraživanja je istražiti mogućnosti primjene blockchaine kao podloge za razvoj pametnih gradova, te predstaviti kako što bolje iskoristiti prednosti koje pruža ova tehnologija za povećanje učinkovitosti, transparentnosti i kvalitete gradova.

U radu će se analizirati glavne karakteristike pametnih gradova i blockchain tehnologije, te će se identificirati osnovni problemi i prepreke korištenja ove tehnologije u pametnim gradovima. Gervais et al. (2016) navode da od 2009. godine, blockchain je potaknuo inovacije i brojne nove aplikacije, poput pametnih ugovora, dizajnirane su tako da iskoriste prednost blockchaine. U ovome radu će se također istražiti i potencijalne primjene tehnologije u pametnim gradovima. Provedenim istraživanjem testirati će se hipoteze navedene u radu.

#### **1.5. Ciljevi istraživanja**

Cilj je koji se pokušava postići izradom ovoga rada je odgovoriti na postavljene hipoteze i doći do zaključaka je li blockchain može funkcionirati kao jedna od temeljnih tehnologija koje koriste pametni gradovi.

Dakle, u radu se pokušava utvrditi povećava li blockchain efikasnost pametnih gradova, olakšava li proces donošenja odluka, povećava li transparentnost u radu javne uprave, smanjuje li korupciju, povećava li sigurnost prikupljenih podataka i poboljšava li kvalitetu života građana.

Istraživanjem će se ispitati ima li blockchain potencijal u razvoju pametnih gradova, ispitati će se koje su ključne prednosti blockchain tehnologije, te utjecaj blockchaine na povjerenje prema javnim institucijama i sigurnost podataka.

## **1.6. Metode istraživanja**

Metode koje će se koristiti u izradi teorijskog dijela su (Zelenika, 1998):

- Metoda analize – postupak kojim složene pojmove, sudove i zaključke raščlanjujemo na jednostavnije sastavnice. Analizirati će se pojmovi blockchaine, pametnih gradova, Internet of Things, te slični pojmovi koje treba pojednostaviti radi lakšeg shvaćanja,
- Metoda indukcije – metoda kojom se na temelju činjenica i saznanja dolazi do nekih novih saznanja i spoznaja, tj. otkrivanja novih zakonitosti, a koristiti će se prilikom obrade sustava u kojima se blockchain potencijalno može koristiti, te na temelju podataka prikupljenih iz anketnog istraživanja će se također izvući neki zaključci,
- Metoda dedukcije – metoda pomoću koje se iz općih sudova izvode posebni i pojedinačni zaključci primjenom deduktivnog načina zaključivanja, a koristiti će se prilikom istraživanja potencijala blockchain tehnologije, istraživanja ključnih prednosti te tehnologije i sl.,
- Metoda sinteze – postupak znanstvenog istraživanja i objašnjavanja stvarnost putem spajanja, sastavljenih jednostavnih misaonih tvorevina u složene i složenijih u još složenije, povezujući izdvojene elemente, pojave, procese i odnose u jedinstvenu cjelinu u kojoj u njezini dijelovi uzajamno povezani, a koristiti će se prilikom donošenja zaključaka o blockchainu kao tehnologiji koja se može upotrebljavati u svrhu razvoja pametnih gradova,
- Metoda kompilacije – postupak preuzimanja tuđih rezultata znanstvenoistraživačkog rada, odnosno tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja, te će se ova metoda koristiti kod teorijskog objašnjavanja pojmova tijekom cijelog rada,

- Metoda klasifikacije – postupak kojim se vrši sistemska podjela općeg pojma na posebne elemente koje taj pojam obuhvaća, a koristiti će se za one pojmove koje je nužno objasniti, kao što je pojam blockchaina i pametnog grada,
- Metoda deskripcije – postupak jednostavnog opisivanja činjenica, predmeta i procesa u prirodi i društvu, te njihovih empirijskih potvrđivanja i veza, ali bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja, a ova metoda će se koristiti prilikom opisivanja raznih pojmova radi njihova lakšeg shvaćanja.

## **1.7. Doprinos istraživanja**

Ovaj rad svoj doprinos daje onim istraživanjima koja istražuju razvoj koncepta pametnih gradova i primjenu blockchain tehnologije.

S obzirom na potrebu za boljom upotrebom resursa, boljom organizacijom i općenito boljim razvojem gradova javlja se potreba za rješenjima koja će pružiti poboljšanja u svim segmentima života građana. Riječ je o dvama popularnim pojmovima a ovaj rad može pomoći u boljem razumijevanju potencijala koje blockchain može pružiti u razvoju pametnih gradova.

Blockchain se još uvijek može smatrati novom tehnologijom koja još nije zaživjela u potpunosti, ali svakodnevno se razvijaju novi projekti i otkrivaju nove funkcionalnosti ove tehnologije. Potencijalna primjena ove tehnologije može omogućiti bolju podlogu za razvoj pametnih gradova, a pomoću ovoga istraživanja ispitati će se hipoteze koje će potencijalno pomoći drugima da bolje shvate koncepte pametnog grada, blockchaina i njihovu međusobnu povezanost.

## **1.8. Sadržaj diplomskog rada**

Rad će se sastojati od dva dijela, teorijskog i empirijskog. U teorijskom dijelu rada će se objasniti i predstaviti pojmovi pametnog grada i blockchain tehnologije, izvući informacije i zaključci iz relevantnih istraživanja u ovim područjima, te kritički analizirati dobivene informacije. U drugom, empirijskom, dijelu rada na temelju odgovora dobivenih iz ankete će se odbaciti ili prihvatiti postavljene hipoteze.

Diplomski rad se sastoji od 5 poglavlja.

Prvo poglavlje služi kao uvod u diplomski rad te se u prvom poglavlju definiraju problem i predmet istraživanja, istraživačka pitanja, svrha i ciljevi istraživanja, te doprinos rada sličnim istraživanjima.

U drugom poglavlju definirati će se koncept pametnih gradova, zašto se pametni gradovi smatraju „pametnima“ te će se istražiti na koji način na pametni gradovi funkcioniraju.

Zatim, u trećem poglavlju, detaljno će se objasniti blockchain tehnologija, njene prednosti i mane, predstaviti će se različite vrste blockchaina te mogućnosti primjene ove tehnologije u kontekstu pametnih gradova.

U četvrtom poglavlju će se razraditi prikupljeni podaci putem ankete. Pomoću podataka dobivenih iz ankete, a koji će biti obrađeni u programu SPSS, prihvatiti će se ili odbaciti postavljene hipoteze.

U zadnjem, zaključnom poglavlju, će se dati zaključak autora o provedenom istraživanju, pružiti sažetak rada te prikazati sva korištena literatura.

## **2. PAMETNI GRADOVI**

### **2.1. Definicija pametnog grada**

Mnogi su već čuli za pojam pametnog grada, odnosno smart city, ovaj pojam spominju političari, mediji, znanstvenici, pa čak i obični građani, ali rijetki znaju što je zapravo pametni grad i što bi pametni grad trebao predstavljati. Kako Albino et al. (2015) navode, razlog tome može biti to što koncept pametnog grada nije ograničen na primjenu tehnologija u gradovima. Zapravo se upotreba termina koristi u mnogim sektorima bez dogovorenih definicija. To je dovelo do zbrke među kreatorima urbane politike s nadom da će njihove gradove učiniti pametnima.

Postoje brojne inicijative u različitim gradovima da se ti gradovi naprave pametnijima, optimiziranijima, učinkovitijima te da povećaju kvalitetu života građana. Dok se većina gradova razvijala stihijski, čak i kroz povijest su postojali brojni primjeri u različitim državama gdje su se gradovi razvijali planski, kao što je Brasilia, Canberra, Washington i sl. Danas u gradovima postoje veliki zahtjevi za tehnološkim promjenama, digitalizacijom, ekološkim razvojem i boljim obrazovanjem, a najveće svjetske tvrtke ulaze na tržište razvoja pametnih gradova i razvijaju rješenja koja bi mogla riješiti mnoge probleme gradova.

Naravno, svaki grad koji se smatra pametnim privlači nove investicije, a političarima pruža odobravanje javnosti, pa stoga postoji pitanje koliko je gradova koji se deklariraju kao „pametni“ stvarno pametni grad i kakva to rješenja pružaju. Često se ovime pojmom olako koristi te se brojni gradovi samoinicijativno proglašavaju pametnima bez da su stvarno implementirana adekvatna rješenja ili su ona tek polovično integrirana u razvoj grada. Pa se tako informatička rješenja za pojedinačan problem proglašavaju pametnima i na osnovu toga brojni gradovi dobivaju status pametnog grada.

Zanella et al. (2014) smatraju da iako još ne postoji formalna i općenito prihvaćena definicija pametnog grada, konačna ciljeva stvaranja javnih resursa povećava kvalitetu usluga ponuđenih građanima, smanjujući operativne troškove javnih uprava. Ovaj se cilj može slijediti primjenom urbanog IoT-a, tj. komunikacijske infrastrukture koja pruža jedinstven, jednostavan i ekonomičan pristup širokim javnim uslugama, čime se oslobađaju potencijalne sinergije i povećava transparentnost za građane. Aktivnost doista može utjecati na upravljanje i optimizaciju tradicionalnih javnih usluga, kao što su prijevoz i parkiranje, rasvjeta, nadzor i

održavanje javnih površina, očuvanje kulturne baštine, odvoz smeća, blagostanje bolnica i škola.

Caraglia et al. (2011) navode da unatoč golemim izazovima i nedostacima povezanim s urbanim aglomeracijama, svjetsko se stanovništvo kroz povijest neprestano koncentriralo u gradovima. Prema njihovim podacima došlo je do velikog porasta postotka koncentracije stanovništva u gradovima, s 5,1 posto 1790. godine na više od 75 posto američkog stanovništva koje se nalazilo u urbanim područjima 2000. godine što predstavlja poprilično velik i brz rast, a Lazaroiu i Roscia (2012) tvrde da gradovi troše veliku količinu energije, zahtijevajući više od 75% svjetske proizvodnje energije i generirajući 80% emisije stakleničkih plinova što predstavlja veliku prijetnju čovječanstvu, uzrokuje globalno zagrijavanje, skraćuje životni vijek građana i općenito smanjuje kvalitetu života.

Prema Caraglia et al. (2011) grad je pametan kad ulaganja u ljudski i socijalni kapital te tradicionalnu (prometnu) i modernu (ICT) komunikacijsku infrastrukturu potiču održivi gospodarski rast i visoku kvalitetu života, uz pametno upravljanje prirodnim resursima, a Lazaroiu i Roscia (2012) smatraju da razvoj pametnog grada predstavlja i neke nove izazove, odnosno gradski model u kojem tehnologija služi pojedincu i njegovom poboljšanju ekonomskog i društvenog života.

Albino et al. (2015) u svome radu navode da Ballas (2013) smatra da u urbanističkom polju, termin "pametni grad" se često tretira kao pojma kojim vladajući žele ostvariti svoje strateške ciljeve, pa kao što je već spomenuto često taj pojam upotrebljavaju u svrhe kampanje i u slične svrhe.

Također u svome radu predstavljaju dimenzije koje pametni gradovi moraju imati, definirane od strane različitih autora, a koje su vidljive u sljedećoj tablici.

**Tablica 1: Dimenzije pametnih gradova**

Ključne dimenzije pametnog grada	Izvor
Informatička edukacija IT infrastruktura IT ekonomija Kvaliteta života	Mahizhnan (1999)
Ekonomija Mobilnost Okoliš Ljudi Vlada	Giffinger et al. (2007)
Tehnologija Ekonomski razvoj Razvoj poslova Povećana kvaliteta života	Eger (2009)
Kvaliteta života Održivi ekonomski razvoj Gospodarenje prirodnim resursima kroz participativnu politiku Konvergencija ekonomskih, socijalnih i okolišnih ciljeva	Thuzar (2011)
Ekonomska povezanost Društveno-politička pitanja grada Ekonomsko-tehničko-socijalna pitanja okoliša Instrumentacija Integracija Aplikacije Inovacije	Nam and Pardo (2011)
Ekonomski faktori (BDP, snaga sektora, međunarodne transakcije, strane investicije) Ljudski faktori (talent, inovativnost, kreativnost, obrazovanje) Socijalni faktori (tradicije, navike, religije, obitelji) Okoliš (energetske politike, upravljanje otpadom i vodama, krajolik) Institucionalni faktori (građanski angažman, upravna vlast, izbori)	Barrionuevo et al. (2012)
Ljudski kapital (npr. kvalificirana radna snaga)	Kourtit and Nijkamp (2012)

<p>Infrastrukturni kapital (npr. visokotehnološki komunikacijski objekti)</p> <p>Društveni kapital (npr. intenzivne i otvorene mrežne veze)</p> <p>Poduzetnički kapital (npr. kreativne i rizične poslovne aktivnosti)</p>	
<p>Menadžment i organizacija</p> <p>Tehnologija</p> <p>Vlada</p> <p>Politika</p> <p>Ljudi i zajednice</p> <p>Ekonomija</p> <p>Izgrađena infrastruktura</p> <p>Prirodno okruženje</p>	<p>Chourabi et al. (2012)</p>

Izvor: Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives

Najčešće karakteristike pametnih gradova koje proizlaze iz ove tablice su (ibid.):

- gradska mrežna infrastruktura omogućuje političku učinkovitost i socijalni i kulturni razvoj.
- naglasak je na poslovni urbani razvoj i kreativne aktivnosti za promicanje urbanog rasta.
- bitna je socijalna uključenost raznih gradskih stanovnika i bitan je socijalni kapital u urbanom razvoju.
- prirodno okruženje je strateška komponenta budućnosti.

## 2.2. Internet of things i upotreba u gradovima

Internet of Things (IoT) je pojam koji je prvi upotrijebio Kevin Ashton 1999. godine. Kao što sam Ashton (2009) navodi tehnologija je dugo vremena bila ovisna o ljudima i njihovoj sposobnosti generiranja informacija. Međutim, ljudi imaju određena fizička ograničenja koja se odražavaju na količinu podataka koja je prikupljena. Kada bi stvari, kao što su strojevi, kućna pomagala i sl. prikupljali podatke bez ljudske intervencije to bi uvelike smanjilo troškove, vrijeme potrebno za prikupljanje podataka i gubitak vrijednih podataka.



Zanella et al. (2014) navode da će internet stvari (IoT) moći transparentno i neprimjetno ugraditi veliki broj različitih i heterogenih sustava, istovremeno pružajući otvoreni pristup odabranim podskupovima podataka za razvoj razvojnih aplikacija. Izgradnja opće arhitekture za IoT stoga je vrlo složen zadatak, uglavnom zbog izuzetno velike raznolikosti uređaja, tehnologija i usluga koji mogu biti uključeni u takav sustav. Riječ je o nedavnoj komunikacijskoj paradigmi koja predviđa blisku budućnost u kojoj će predmeti svakodnevnog života biti opremljeni mikrokontrolerima, primopredajnicima za digitalnu komunikaciju i prikladnim protokolima koji će omogućiti uređajima međusobnu komunikaciju i omogućiti uređajima da postanu sastavni dio interneta.

Dakle, Internet stvari se može opisati kao velika količina uređaja koji pomoću različitih vrsta senzora prikupljaju podatke, povezani su na internet te mogu ostvariti međusobnu komunikaciju kao i komunikaciju s ljudima.

Xia et al. (2012) smatraju da zahvaljujući brzom napretku tehnologije, IoT otvara ogromne mogućnosti za veliki broj novih aplikacija koje obećavaju poboljšanje kvalitete našeg života. Posljednjih godina IoT je privukao veliku pažnju istraživača i korisnika iz cijelog svijeta.

Zanella et al. (2014) navode sljedeća područja primjene IoT-a u gradovima:

- Strukturno zdravlje zgrada

Za pravilno održavanje povijesnih građevina grada potrebno je stalno praćenje stvarnih stanja svake zgrade. Lynch i Kenneth (2006) navode da urbani IoT može pružiti distribuiranu bazu podataka o mjerenjima građevinskih strukturnih integriteta, prikupljenih odgovarajućim sensorima smještenim u zgradama, kao što su senzori vibracija i deformacije, građevinski stres, senzori temperature i vlage i sl. Ova baza podataka trebala bi umanjiti potrebu za skupim periodičnim strukturnim ispitivanjima od strane ljudskih operatora i omogućiti će ciljano i proaktivno održavanje i obnovu. Konačno, moguće će se kombinirati očitavanje vibracija i seizmičkih veličina da bi se bolje proučile i razumjele zgrade.

- Gospodarenje otpadom

Gospodarenje otpadom je najvažnije pitanje u mnogim modernim gradovima, kako zbog troškova usluge, tako i zbog problema skladištenja smeća u zemljištu. Međutim, dublje prodiranje ICT rješenja u ovo područje može rezultirati značajnim uštedama i

ekonomskim i ekološkim prednostima. Nuortio et al. (2006) smatraju da zbog toga, inteligentni spremnici otpadnih voda, koji otkrivaju razinu opterećenja i omogućavaju optimizaciju, mogu smanjiti troškove prikupljanja i poboljšati kvalitetu recikliranja. Da bi se realizirala takva pametna usluga gospodarenja otpadom, IoT treba povezati krajnje uređaje, tj. inteligentne kontejnere za otpad s kontrolnim centrom gdje softver za optimizaciju obrađuje podatke i određuje optimalno upravljanje.

- Kvaliteta zraka

Al Ali et al. (2010) smatraju da gradski IoT može pružiti sredstva za praćenje kvalitete zraka u pretrpanim područjima, parkovima i sl. Uz to, mogu se omogućiti komunikacijski uređaji koji omogućuju spajanje aplikacija na trkačkim uređajima na infrastrukturu pametnog grada. Realizacija takve usluge zahtijeva da se senzori za kakvoću zraka i onečišćenje postave u gradu, a da se podaci senzora učine javno dostupnim građanima.

- Nadzor buke

Buka se može shvatiti kao oblik akustičnog onečišćenja koji je štetan kao što je ugljikov dioksid štetan za zrak. Tako gradske vlasti brojnih gradova već izdaju posebne zakone kojima se smanjuje količina buke u središtu grada na određene sate. Maisonneuve et al. (2009) smatraju da gradski IoT može ponuditi uslugu praćenja buke koja mjeri količinu buke koja je proizvedena na nekom području u točno određenom trenutku. Osim izrade prostorno-vremenske karte zagađenja bukom u tom području, takva se usluga može koristiti i za ostvarivanje javne sigurnosti, pomoću algoritama za otkrivanje zvuka koji mogu prepoznati, na primjer, buku puknuća stakla ili svađu. Ova usluga može na taj način regulirati razinu buke u gradu, kao i osigurati povjerenje građana, iako je postavljanje zvučnih detektora ili ekoloških mikrofona prilično kontroverzno, zbog očiglednih pitanja privatnosti za ovu vrstu nadzora.

- Prometno zagušenje

Poput praćenja kvalitete zraka i buke, moguća primjena pametnog grada koju može omogućiti urbani IoT sastoji se od nadgledanja prometnih zastoja u gradu. Iako su sustavi za nadzor prometa na temelju kamera već dostupni i raspoređeni u mnogim gradovima, široko rasprostranjena komunikacija može pružiti kvalitetniji izvor informacija. Li et al. (2009) navode da se prometni nadzor može upotrebljavati pomoću senzora i GPS-a, instaliranih u modernim vozilima, kao i kombinacijom kvalitete zraka i zvučnih senzora

postavljenih duž određene ceste. Ove su informacije od velike važnosti za gradske vlasti i građane: prvima će dati uvid u stanje prometa i onda oni mogu poslati službenike tamo gdje je to potrebno, a građani mogu bolje i efikasnije planirati put do odredišta.

- Potrošnja energije u gradu

Zajedno sa uslugom praćenja kvalitete zraka, urbani IoT može pružiti uslugu nadzora energetske potrošnje cijelog grada, omogućujući tako vlastima i građanima jasan i detaljan pregled potrebne količine energije za određene usluge (javna rasvjeta, prijevoz, prometna svjetla, upravljačke kamere, grijanje i hlađenje javnih zgrada i sl.). To će zauzvrat omogućiti identificiranje glavnih izvora potrošnje energije i postavljanje prioriteta kako bi se njihovo ponašanje optimiziralo. Da bi se dobila takva usluga, uređaji za nadzor napajanja moraju biti integrirani u električnu mrežu grada. Pored toga, moguće je poboljšati ove usluge aktivnim funkcionalnostima za kontrolu lokalnih struktura proizvodnje energije.

- Pametno parkiranje

Lee et al. (2008) navode da se pametna usluga parkiranja temelji na cestovnim senzorima i inteligentnim zaslonima koji vozače usmjeravaju na najbolji put za pronalazak parkinga u gradu. Koristi ove usluge mogu biti mnogostruke. Na primjer, brže vrijeme za pronalazak parkirnog mjesta znači manje emisije ugljikovog dioksida iz automobila, manje prometno zagušenje i sretnije građane. Usluga pametnog parkiranja može se izravno integrirati u gradsku IoT infrastrukturu, jer mnoge tvrtke u Europi nude tržišne proizvode za ovu aplikaciju. Nadalje, korištenjem komunikacijskih tehnologija kratkog dometa, poput radiofrekvencijskih identifikatora (RFID) ili NFC-a, moguće je ostvariti sustav elektroničke provjere parking dozvola na mjestima rezerviranim za stanovnike ili osobe s invaliditetom, nudeći na taj način bolju usluga građanima koja legitimno mogu upotrebljavati te automate i efikasan alat za brzo otkrivanje onih koji se ne pridržavaju pravila.

- Pametna rasvjeta

Optimizacija učinkovitosti ulične rasvjete važno je obilježje. Ova usluga posebno može optimizirati intenzitet ulične svjetiljke u skladu s doba dana, vremenskim prilikama i prisustvom ljudi. Kada bi se ovakva vrsta usluge uključila u infrastrukturu pametnog grada moguće bi bilo i poboljšati sustav otkrivanja kvarova na uličnim svjetiljkama.

- Automatizacija i ispravnost javnih zgrada

Druga važna primjena IoT tehnologija je nadgledanje potrošnje energije i ispravnosti u javnim zgradama (školama, upravnim uredima i muzejima) pomoću različitih vrsta senzora i pokretača koji upravljaju svjetlima, temperaturom i vlagom. Kastner et al. (2005) smatraju da kontrolom ovih parametara uistinu je moguće poboljšati razinu komfora osoba koje se nalaze u tim zgradama, što može imati i pozitivan povrat u pogledu produktivnosti, uz smanjenje troškova za grijanje ili hlađenje. Također brojni senzori mogu provjeravati postoje li strukturne greške na zgradama te postoji li opasnost od njihova urušavanja u slučaju potresa, uragana ili nekih sličnih prirodnih nepogoda.

### **2.3. Sigurnost podataka u pametnim gradovima**

Elmaghraby i Losavio (2014) smatraju da svijet doživljava evoluciju. Ona proizlazi iz inovacija u informacijskoj tehnologiji koje, iako stvaraju nove ekonomske i socijalne prilike, predstavljaju izazov našoj sigurnosti i očekivanjima o privatnosti. Ljudi su već međusobno povezani pametnim telefonima i uređajima. Pametna brojila energije, sigurnosni uređaji i pametni uređaji koriste se u mnogim gradovima i prikupljaju podatke o našem ponašanju, potrebama i sl. Standardi se razvijaju za sve ove potencijalno povezane sustave. Oni će dovesti do neviđenih poboljšanja u kvaliteti života, a da bi od njih imali koristi, gradska se infrastruktura i usluge mijenjaju s novim međusobno povezanim sustavima za nadzor, kontrolu i automatizaciju. Integrirani sustavi pomoći će javnoj sigurnosti, hitnim slučajevima i oporavku u slučaju neke prirodne ili slične katastrofe. Međutim, može se postaviti pitanje sigurnosti i privatnosti. Sigurnost uključuje ilegalni pristup informacijama koje bi trebale biti sigurno pohranjene i nedostupne drugim pojedincima te napade koji uzrokuju fizičke poremećaje u dostupnosti usluge, poput Ddos napada. Također može doći do narušavanja integriteta podataka. Ukoliko su neki podaci podložni hakiranju i promjenama, može doći do njihova mijenjanja, brisanja ili nepoželjnog iskorištavanja sustava od pojedinca ili grupe koji imaju neke štetne namjere. Kako se digitalni građani sve više pružaju podatke o njihovoj lokaciji i aktivnostima, privatnost nestaje. Sustavi za zaštitu privatnosti koji prikupljaju podatke i pokreću reakciju u slučaju nužde su tehnološki izazovi koji idu ruku pod ruku s kontinuiranim sigurnosnim izazovima.

Činjenica je da bi pametni grad trebao imati puno senzora koji prikupljaju podatke i kontrolu i nadzor tih podataka. Joh (2019) smatra da više kamera i senzora znači više nadzora i manje slobode od nadzora. Tehnologija prepoznavanja lica omogućiti će praćenje građana u realnom roku što može biti zabrinjavajuće za privatnost građana ali s druge strane povećava sposobnost policijske službe da prepozna nepoželjne radnje. Iako je malo urbanih policijskih uprava sposobno gledati svaki izvor prikupljanja podataka, pametne kamere i slične tehnologije mogu automatizirati proces označavanja sumnjivih osoba i aktivnosti.

Svi ti senzori, kamere i drugi uređaji omogućiti će stvaranje velikih baza podataka koje će sadržavati informacije o građanima, njihovim preferencijama, putevima kretanja, i brojnim privatnim informacijama koje bi mnogi građani željeli sačuvati privatnima. Podaci koji se nalaze u tim bazama podataka mogu biti podložni hakiranju.

Ukoliko nepoželjne osobe dođu u kontakt s ovim podacima, koristeći ove podatke može se ozbiljno ugroziti građane. Elmaghraby i Losavio (2014) navode da lokacijski podaci mogu dati puno detalja o životu koje bi ljudi radije sačuvali privatnima. GPS sustavi mogu pratiti odredišta i mjesta podrijetla kada se koriste i mogu čak pohraniti stvarni put. Pristup popisu kontakata i porukama pruža uvid u mnogo toga što bi trebalo biti privatno zbog osobnih, profesionalnih ili komercijalnih razloga. Lokalni podaci mogu biti ključni sigurnosni problem. Mnogi ljudi polazišnu GPS adresu postavljaju od svojih domova. Pristup tim podacima daje detalje o kućnoj lokaciji. Naprimjer, ako je automobil daleko od kuće, taj bi dom mogao biti bolja meta provalnicima koji sada znaju da ta osoba nije kod kuće.

Zbog svega ovoga potrebno je osmisliti siguran način pohrane podataka. Jedan od načina koji može poboljšati sigurnost podatak je blockchain tehnologija o kojoj će više riječi biti u nastavku.

Liang et al. (2017) smatraju da se blockchainova decentralizirana arhitektura može iskoristiti za razvoj sigurne provjere podataka u cloud okruženju. U decentraliziranoj arhitekturi svaki čvor sudjeluje u mreži za pružanje usluga, osiguravajući tako bolju učinkovitost. Dostupnost je osigurana i zbog distribuiranih karakteristika blockchaina. Budući da se centralizirani autoritet često koristi u cloud uslugama, postoji potreba za zaštitom osobnih podataka uz zadržavanje privatnosti. Uslugom provjere podataka u oblaku utemeljenom na blockchainu sve se podatkovne operacije transparentno i trajno bilježe. Stoga se povjerenje između korisnika i pružatelja usluga oblaka lako može uspostaviti.

## 2.4. Čimbenici pametnog grada

Chourabi et al. (2012.) smatraju da postoji 8 čimbenika koji utječu na uspjeh projekta pametnog grada:

- Menadžment i organizacija

Inicijative pametnih gradova mogu se razlikovati od općenitijih inicijativa e-uprave u kontekstu i nekim karakteristikama određenih projekata, ali postoji mnogo toga zajedničkog između ove dvije vrste inicijativa, jer većinu pametnih gradova također pokreću vlade i podupiru intenzivno korištenje ICT-a za bolje služenje građanima.(ibid.) Chourabi et al. u svome radu predstavljaju tablicu u kojoj Gil-García i Pardo (2005) definiraju izazove s kojima se pametni gradovi susreću kod upravljanja pametnim gradovima i strategije za rješavanje tih izazova.

**Tablica 2: Izazovi i strategije u organizaciji pametnih gradova**

<b>Izazovi</b>	<b>Strategije</b>
Veličina projekta	Vještine i stručnost projektnog tima
Stavovi i ponašanje menadžera	Dobro kvalificirani i cijenjeni IT voditelj (tehničke i socijalne vještine)
Korisnici ili organizacijska raznolikost	Jasni i realni ciljevi
Nedostatak usklađenosti organizacijskih ciljeva i projekta	Identifikacija relevantnih dionika
Višestruki ili sukobljeni ciljevi	Uključivanje krajnjeg korisnika
Otpor promjenama	Planiranje
Teritorij i sukobi	Jasni ciljevi i mjerljivi rezultati
	Dobra komunikacija
	Poboljšanje poslovnog procesa
	Aдекватna obuka
	Adekvatno i inovativno financiranje
	Pregled najboljih praksi

Izvor: Understanding Smart Cities: An Integrative Framework

- Tehnologija

Washburn et al. (2010) navode da se pametni grad, između ostalog, oslanja na kolekciju pametnih računalnih tehnologija primijenjenih na kritične infrastrukturne komponente i usluge, a odnosi se na novu generaciju integriranog hardvera, softvera i mrežnih tehnologija koje pružaju informatičkim sustavima u stvarnom vremenu svijest o stvarnom svijetu i naprednom analitikom pomažu ljudima da donose pametnije odluke o alternativama i radnjama koje će optimizirati poslovne procese i poboljšati rezultate poslovanja.

Tehnologija zapravo predstavlja snagu koja pokreće promjene u gradovima, daje mogućnost unaprjeđenja i stvara nova i bolja rješenja problema.

Ebrahim i Irani (2005) u svome radu predstavljaju s kojima se izazovima tehnologija susreće u pametnim gradovima što su Chourabi et al. u svome djelu predstavili u tablici.

**Tablica 3: Dimenzije i izazovi tehnologije u pametnim gradovima**

<b>Dimenzije</b>	<b>Izazovi</b>
IT vještine	IT trening programi Nedostatak zaposlenika s integracijskim vještinama i kulturom
Organizacijska	Nedostatak međusektorske suradnje Nedostatak koordinacije između odjela Nejasna vizija upravljanja IT-om Politika Kultura

Izvor: Understanding Smart Cities: An Integrative Framework

- Upravljanje

Chourabi et al. (2012) navode da je nekoliko gradova imalo koristi od pojave ICT-a. Upravljanje temeljeno na ICT-u poznato je kao pametno upravljanje. Predstavlja zbirku tehnologija, ljudi, politika, praksi, resursa, društvenih normi i informacija koji međusobno djeluju kao podršku gradskim aktivnostima upravljanja, te nabroja sljedeće faktore upravljanja:

- Suradnja
- Vodstvo
- Participacija i partnerstvo

- Komunikacija
- Razmjena podataka
- Integracija aplikacija i usluga
- Odgovornost
- Transparentnost

Prema Johnsonu (2008) pametno upravljanje ovisi o primjeni infrastrukture pametnog upravljanja koja bi trebala biti odgovorna i transparentna. Ova infrastruktura pomaže suradnji, razmjeni podataka, integraciji usluga i komunikaciji.

- Politika

Transformacija iz običnog (ne pametnog) grada u pametni grad podrazumijeva i interakciju tehnoloških komponenti s političkim i institucionalnim komponentama. Političke komponente predstavljaju različite političke elemente (gradsko vijeće, gradska uprava) i vanjske pritiske poput dnevnog reda politike i politike koji mogu utjecati na rezultate IT inicijativa. Institucionalna spremnost poput uklanjanja zakonskih i regulatornih prepreka važna je za nesmetano provođenje inicijativa pametnih gradova.(ibid.)

- Ljudi i zajednica

Bavljenje temom ljudi i zajednica kao dijela pametnih gradova je kritično i tradicionalno je zapostavljeno na račun razumijevanja tehnoloških i političkih aspekata pametnih gradova. Projekti pametnih gradova utječu na kvalitetu života građana i usmjereni su na poticanje informiranijih, obrazovanijih i participativnijih građana. Uz to, inicijative pametnih gradova omogućuju članovima grada da sudjeluju u upravljanju gradom i postanu aktivni korisnici. Također je ključno ne odnositi se prema članovima grada ne samo kao prema pojedincima, već i kao prema zajednicama i skupinama, te njihovim željama i potrebama unutar gradova.(ibid.)

- Gospodarstvo

Gospodarstvo je glavni pokretač pametnih gradskih inicijativa, a smatra se da grad s visokim stupnjem ekonomske konkurentnosti ima jedno od svojstava pametnog grada. Ekonomski ishodi pametnih gradskih inicijativa su otvaranje tvrtki, otvaranje novih radnih mjesta, razvoj radne snage i poboljšanje produktivnosti.(ibid.)



Također, gradovi s razvijenijim gospodarstvom, zbog većih financijskih mogućnosti, lakše mogu ulagati u istraživanje i razvoj novih tehnologija, njihovu implementaciju, obuku ljudi, održavanje i sl.

- Infrastruktura

Izgradnja infrastrukture temelj je za razvoj pametnog grada. Ugradnja velikog broja senzora i drugih uređaja bitnih za pametni grad je od presudne važnosti za stvaranje nekog grada pametnim. U sljedećoj tablici Ebrahim i Irani (2005) predstavljaju neke od infrastrukturnih izazova s kojima se moguće susresti prilikom razvoja pametnog grada.

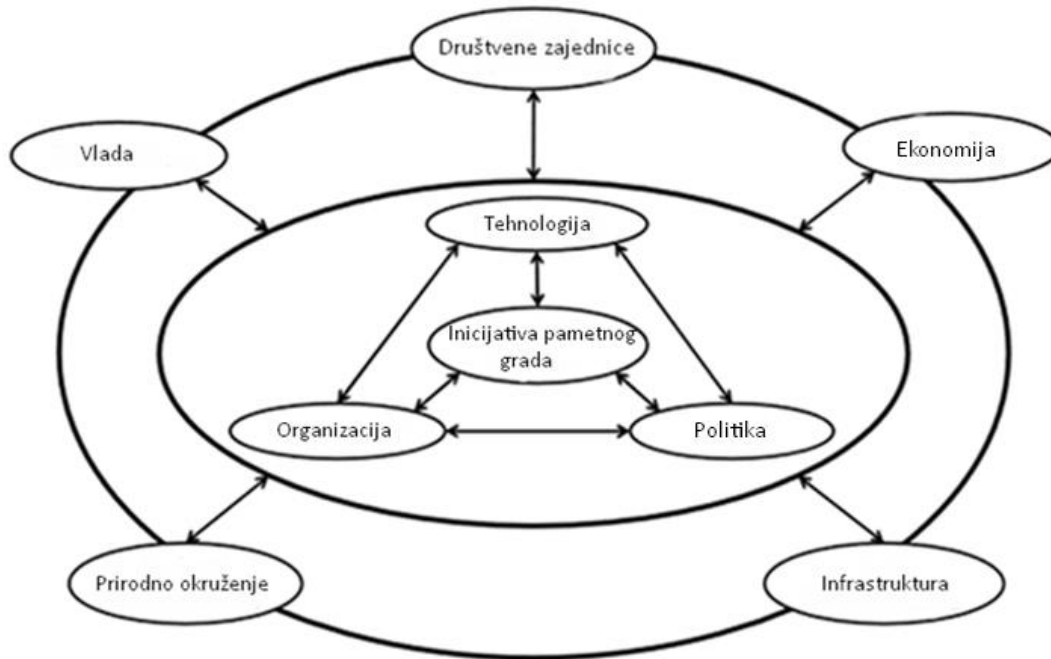
**Tablica 4: Dimenzije i izazovi u infrastrukturi pametnih gradova**

<b>Dimenzije</b>	<b>Izazovi</b>
IT infrastruktura	Nedostatak integracije među birokratskim sustavima Postojeći unutarnji sustavi imaju ograničenja u pogledu svojih integracijskih sposobnosti Nedostatak znanja o interoperabilnosti Dostupnost i kompatibilnost softvera, sustava i aplikacija
Sigurnost i privatnost	Prijetnje hakera i uljeza Prijetnje virusa, crva i trojanaca Privatnost osobnih podataka Visoki troškovi sigurnosnih aplikacija i rješenja Pristupačnost
Operacijski troškovi	Visoki troškovi IT stručnjaka i konzultanata Visoki troškovi IT Troškovi instalacije, rada i održavanja informacijskih sustava Troškovi obuke

Izvor: E-government adoption: Architecture and barriers

- Prirodni okoliš

Prirodno okoliš je vrijedan resurs kojega se ne bi trebalo zanemarivati kada se govori o pametnim gradovima. Prirodan okoliš osim što predstavlja resurse, također može povećati i kvalitetu života, što može utjecati na zadovoljstvo građana.



**Slika 1: Integracija čimbenika pametnog grada**

Izvor: Understanding Smart Cities: An Integrative Framework

## 2.5. Centralizirani i decentralizirani pristup u pametnim gradovima

Baš kao i kod privatnih organizacija i gradovima se može više ili manje centralizirano upravljati. Centralizirani pristup u pametnim gradovima bi podrazumijevao centralizaciju političke moći, kao i onu s aspekta pohrane, skladištenja i upravljanja podacima. Trend koji se može primjetiti je sve veća decentralizacija i u političkom, kao i tehnološkom aspektu. Centralizacija, kao i decentralizacija imaju svoje prednosti i nedostatke.

Ako govorimo o političkoj centralizaciji i centraliziranom donošenju odluka, Alonso et al. (2008) navode da je jasna prednost decentralizirane organizacije ta što ona stavlja pod kontrolu one koji su najbliži lokalnim informacijama. Suprotno tome, u centraliziranoj

organizaciji dio ovih podataka gubi se kad se priopće donositelju odluke. Naravno, nedostatak lokalnih informacija umanjuje sposobnost centralizirane organizacije, odnosno javne uprave, da prilagodi odluke lokalnim uvjetima. Međutim, iako decentralizacija ima prednost u prilagodbi odluka lokalnim uvjetima, ona ima nedostatak u osiguravanju usklađenosti odluka. Postoje dva razloga zašto se to događa. Prvo, voditelji odjela ne internaliziraju potrebu za koordinacijom i kao takvi stavljaju pretjeranu težinu u prilagođavanju svojih odluka lokalnim uvjetima. Drugo, učinkovita koordinacija zahtijeva da osoba koja donosi jednu odluku zna što je odluka koju je donijela neka druga osoba. Pod centralizacijom je taj proces prirodan jer obje odluke donosi isti upravitelj.

Tehnologija, naravno danas omogućava lakšu koordinaciju između više donositelja odluka, te decentralizirano upravljanje postaje sve lakše i učinkovitije, a u nastavku rada će biti vidljiva upotreba blockchain tehnologije u ove svrhe.

Decentralizacija u tehnološkom smislu se uglavnom odnosi na decentralizaciju poslužitelja na kojima se skladište ti podaci. Kao što je već prethodno spomenuto, ako se svi podaci skladište na jednom mjestu oni su podložni hakiranju i manipulaciji čime se može narušiti integritet podataka. Ako se hakira centralizirani poslužitelj privatni podaci građana se dovode u opasnost i mogu doći u ruke nepoželjnih osoba. Također je upitno kako sačuvati privatnost podataka u pametnom gradu i onemogućiti nekontrolirano korištenje tih podataka. Ako pristup tim podacima ima samo određen broj osoba, te osobe tu moć mogu iskoristiti za manipulaciju tih podataka ili iskoristite podatke za vlastitu korist. S druge strane, ako svi imaju pristup tim podacima, gotovo je nemoguće sačuvati privatnost. Zato je potrebno pronaći ispravnu granicu između sigurnosti podataka i privatnosti građana.

Dakle, može se zaključiti da nema ispravnog načina upravljanja pametnim gradom, u smislu njegove centraliziranosti, te i jedan i drugi pristup imaju svoje prednosti i nedostatke. Međutim, jasan je trend da sve više gradova pokušava donošenje odluka spustiti na niže razine i decentralizirati upravljanje, pogotovo kod pametnih gradova, koji imaju i određene automatizme kod donošenja odluka na osnovu velikog broja prikupljenih podataka i informacija kojima raspolažu.

## 3. BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJA

### 3.1. Što je blockchain?

Blockchain tehnologija je relativno nova vrsta tehnologije koja se prvi puta pojavljuje 2008. godine. Iako je i prije 2008. godine bilo pokušaja izgradnje tehnologije na sličnom principu tek tada dolazi do ključnog trenutka. Te godine, pojedinac ili skupina autora pod nazivom Satoshi Nakamoto izdaje rad u kojem iznosi ideju o decentraliziranoj peer to peer valuti nazvanoj Bitcoin koju ne kontrolira nijedna središnja financijska institucija. U svome radu Nakamoto (2008) Bitcoin definira kao lanac digitalnih potpisa u kojem svaki vlasnik šalje novac sljedećem na način da digitalno potpiše hash prethodne transakcije i javni ključ sljedećeg vlasnika.

Nakamoto također u svome radu naglašava privatnost i transparentnost koju pruža blockchain tehnologija. Tradicionalni bankarski model postiže određenu razinu privatnosti ograničavanjem pristupa informacijama uključenim strankama i uvođenjem treće strane, posrednika. Nužnost objavljivanja svih transakcija isključuje ovu metodu, ali privatnost se i dalje može održavati prekidanjem informacija na drugom mjestu, tj. održavanjem javnih ključeva anonimnim. Javnost može vidjeti da netko šalje iznos nekome drugome, ali bez povezivanja transakcije s bilo kim. Ako se ne zna kome javni ključ pripada, ta osoba ostaje anonimna bez obzira što su se sve njegove transakcije vidljive svima.(ibid.)

Swan (2015) smatra da je izum bitcoina riješio dugogodišnji problem s digitalnim novcem, odnosno problem dvostrukog trošenja. Sve do kriptografije blockchaine, digitalni novac se mogao, kao i bilo koji drugi digitalni uređaj, beskrajno puta kopirati, i nije bilo načina da se potvrdi da određena serija digitalnog novca nije već potrošena bez središnjeg posrednika. U provedenim transakcijama je zbog toga moralo postojati povjerenje prema trećoj strani, koja je vršila kontrolu i vodila nadzor kojim je moguće potvrditi da je svaki dio digitalnog novca potrošen samo jednom. Povezani računalni problem ovome se naziva problem bizantskih generala. Taj problem označava poteškoće više stranaka (generalala) na bojnopolju koji ne vjeruju jedni drugima, ali moraju imati nekakav koordinirani komunikacijski mehanizam.

Blockchain rješava problem s dvostrukom potrošnjom kombinirajući peer-to-peer tehnologiju dijeljenja datoteka s kriptografijom javnog ključa kako bi se stvorio novi oblik digitalnog novca. Vlasništvo nad novcem evidentirano je u glavnoj knjizi u kojoj su zapisane sve

transakcije, a potvrđeno je kriptografskim protokolima i rudarskom zajednicom. Blockchain je pouzdan u smislu da korisnik ne treba vjerovati drugoj strani u transakciji ili središnjem posredniku, ali treba vjerovati sustavu, odnosno protokolima i zajednici. (ibid.)

Kao što je već spomenuto u prvome dijelu rada blockchain predstavlja decentraliziranu i distribuiranu bazu podataka u kojoj se jednom uneseni podaci više ne mogu mijenjati i vidljivi su svim članovima mreže.

Nguyen et al. (2019) navode da je blockchain svojom decentraliziranom, transparentnom i sigurnom prirodom postao tehnologija koja će se koristiti za sljedeću generaciju brojnih industrijskih i financijskih primjena, te pruža inovativna rješenja za rješavanje izazova u smislu decentralizacije, privatnosti podataka i sigurnosti mreže. Iz tehničke perspektive, blockchain predstavlja kao tehnologiju distribuirane baze podataka. Također smatraju da se blockchain tehnologija može pohvaliti poželjnim karakteristikama decentralizacije, odgovornosti i sigurnosti koje poboljšavaju efikasnost usluge i štede značajne operativne troškove. Takva iznimna svojstva potiču upotrebu aplikacija izgrađenih na blockchain arhitekturi posljednjih godina. Shrier (2016) navodi da živimo u svijetu koji brzo prolazi kroz promjene te se pokreće podacima. Ovo se ne odnosi samo na Internet stvari (IoT), ova transformacija odnosi se na sve društvene sustave, promet, zdravstvo, vladu, logistiku, marketing, moć, obranu, te se od tih sustava očekuje da su kvalitativno i kvantitativnije učinkovitiji, ali i transparentniji i odgovorniji. To mijenja ne samo ekonomiju sustava, već i njihovo upravljanje i financiranje. To također zamagljuje linije između kupca, građana, tvrtke i vlade. Posljedično, tvrtke u financijskim uslugama, financijskoj tehnologiji, softveru i sigurnosti trude se razumjeti što znači promjenjivi krajolik i kako mogu sudjelovati u njemu. Kroz prošlost su se uglavnom izrađivali centralizirani sustavi koji su odgovarali nekadašnjim zahtjevima građana. Takva centralizirana rješenja postaju sve zastarjelija i neučinkovitija. Novi izazov je kako izgraditi infrastrukturu koja omogućava da gradovi mogu biti energetske učinkoviti, imati sigurnu opskrbu hranom i vodom, biti zaštićeni od pandemija i imati bolje upravljanje.

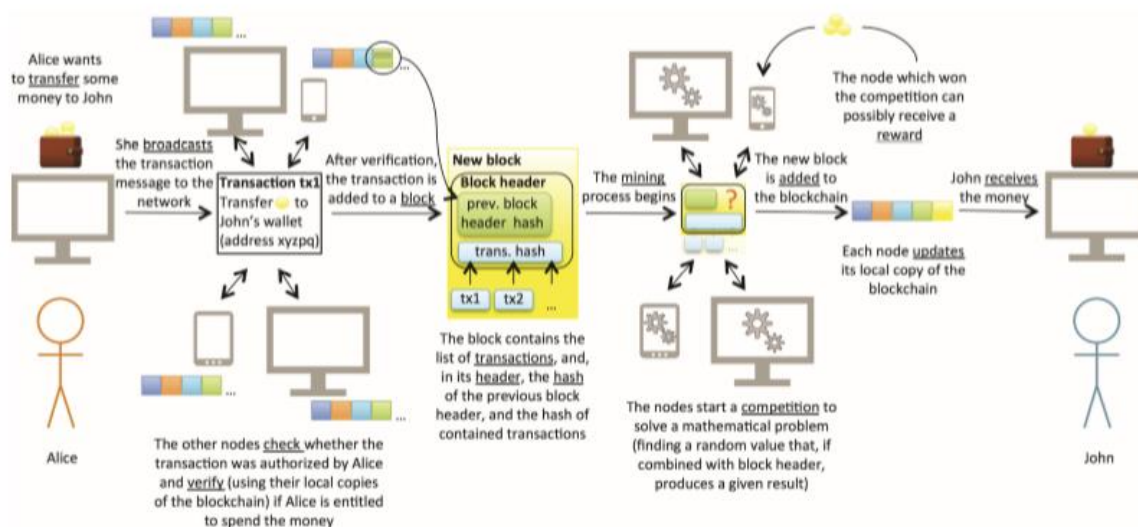
Swan (2015) smatra da su potencijalne koristi blockchainea veće od samo ekonomskih - šire se na političku, humanitarnu, socijalnu i znanstvenu domenu, odnosno mijenja se način na koje društvo funkcionira, a tehnološke kapacitete blockchainea već koriste određene grupe za rješavanje problema iz stvarnog svijeta, a koordinaciju, vođenje evidencije i neopozivost

transakcija korištenjem blockchain tehnologije smatra značajkama koje bi mogle biti od presudne važnosti za napredak u društvu.

Postoji nekoliko generacija blockchain tehnologije. Blockchain 1.0 predstavlja valute, odnosno razmjenu kriptovaluta u aplikacijama, doznake i digitalne platne sustave. Blockchain 2.0 predstavlja ugovore, ekonomske, tržišne i financijske aplikacije koje su opsežniji od jednostavnih novčanih transakcija, kao što su dionice, obveznice, zajmovi, hipoteke, pametna imovina i pametni ugovori. Blockchain 3.0 su blockchain aplikacije koje se ne odnose na valute, financija i tržišta, a odnose se područja vlade, zdravstva, znanosti, pismenosti, kulture i umjetnosti. (ibid.)

### **3.1.1. Arhitektura blockchaina**

Ibba et al. (2017) blockchain definiraju kao decentraliziranu i javno dostupnu zajedničku bazu podataka, dostupnu pristupom peer-to-peer mreži. Blockchain je tehnologija koja omogućava postizanje sigurnosti i dostupnosti podataka, a pruža računalnu moć koja omogućuje kontrolu komunikacije između čvorova. Blok sadrži popis povezanih blokova, a informacije pohranjene u blokovima karakteriziraju stanje blockchaina. Stanje se može promijeniti tijekom vremena, izvršenjem funkcije prijelaza stanja. Funkcija prijelaza stanja uzima unos prethodno stanje i transakciju, a svaka transakcija mora poštovati uvjet valjanosti. Gatteschi et al. (2018) navode da novi blok sadrži popis svih transakcija koje treba potvrditi i bilježi u svoje zaglavlje njihov sažetak (hash, odnosno matematičku funkciju kojom preslikava dani skup podataka u redoslijed simbola fiksne veličine), kao i prethodno zaglavlje bloka. Za dodavanje novostvorenog bloka u blockchain, čvorovi pokreću postupak rudarstva, natjecanje u kojem čvorovi moraju riješiti složeni matematički problem. Ovaj postupak, koji se naziva Proof of Work, zahtijeva od čvorova da pronađu slučajnu vrijednost koja u kombinaciji s hashom transakcija i prethodnim zaglavljem bloka daje dati rezultat. Kad čvor identificira moguće rješenje, rezultat emitira ostalim čvorovima, koji ga provjeravaju. Ako se većina čvorova slaže s rezultatom, blok se smatra važećim i dodaje se u blockchain, a svaki čvor ažurira svoju lokalnu kopiju blockchaina.



**Slika 2: Arhitektura blockchaina**

Izvor: To Blockchain or Not to Blockchain: That Is the Question

Takav složen mehanizam provjere gotovo onemogućava čvoru da kontrolira većinu mreže jer bi bila potrebna izuzetno velika računaska snaga za stvaranje lažnog bloka, rješavanje matematičkog problema prije drugih čvorova i postizanje konsenzusa od 51 posto na upravo izrudareni blok. Nadalje, činjenica da svaki potvrđeni blok sadrži referencu na prethodni blok (osiguran korištenjem kriptografskih metoda) sprječava zlonamjerne izmjene zabilježenih transakcija. U stvari, promjena transakcije podrazumijevala bi i promjenu sažetka bloka koji ga sadrži i blokova koji slijede.(ibid.)

### 3.1.2. Blockchain protokoli

#### 3.1.2.1. Proof of work

Proof of work (PoW) je protokol, spomenut u prethodnom poglavlju, koji se koristi za potvrdu transakcija i koristi snagu računala za validaciju transakcija i rad mreže.

Zheng et al (2017) navode da u decentraliziranoj mreži mora biti izabran netko tko će bilježiti transakcije, a najlakši način za to je slučajni odabir. Međutim, nasumični odabir podložan je napadima. Dakle, ako čvor želi objaviti blok transakcija, potrebno je učiniti puno posla da bi se dokazalo da čvor vjerojatno neće napasti mrežu, a taj rad uglavnom znači obavljanje

računalnih proračuna. Seang i Torre (2018) teoretiziraju da, PoW sustav može biti napadnut ako jedan rudar ili skupina rudara posjeduju više od polovice ukupne rudarske snage mreže, što je također poznato kao napad od 51%. U praksi bi napadači stvorili vlastiti tajni lanac i emitirali ga mreži nakon što postane duži od pravog lanca (drugi rudari bi ovaj lanac smatrali valjanim jer je najduži i nastavili raditi na blokovima ovog lanca) te kompromitirali cijeli sustav.

Zheng et al (2017) proof of work navode da, a kao što je već spomenuto u prethodnom poglavlju, svaki čvor mreže izračunava hash vrijednost zaglavlja bloka. Zaglavlje bloka sadrži zapis i rudari bi ih mijenjali često da bi dobili različite hash vrijednosti. Konsenzus zahtijeva da izračunata vrijednost mora biti jednaka ili manja od određene dane vrijednosti. Kad jedan čvor dosegne ciljanu vrijednost, on će blok emitirati drugim čvorovima, a svi ostali čvorovi moraju uzajamno potvrđivati ispravnost hash vrijednosti. Ako je blok potvrđen, drugi rudari bi dodali ovaj novi blok u vlastite blockchainove. Čvorovi koji izračunavaju hash vrijednosti nazivaju se rudari, a PoW postupak naziva rudarenje.

Seang i Torre (2018) smatraju da je poticaj rudarima za sudjelovanje u rudarenju dvostruk, odnosno prvi rudar koji će naći rješenje nagrađuje se nagradom koja je utvrđena protokolom i svim naknadama za transakcije povezane s transakcijama koje je uključio u blok. Iako nalikuje na lutriju, računaska snaga koju rudar posjeduje ima determiniranu ulogu u PoW protokolu, te što je veći kapacitet za generiranje nagađanja, veća je vjerojatnost pronalaska rješenja. Proces rudarstva zahtijeva da se računala pokreću maksimalnim kapacitetom, te stoga troše značajnu količinu električne energije što po prirodi PoW-a čini konsenzusnim protokolom koji zahtijeva velike resurse, a potrošeno vrijeme i energija služe kao dokaz da je posao obavljen.

### ***3.1.2.2. Proof of stake***

Zheng et al. (2017) smatraju Proof of Stake (PoS) alternativnim protokolom koji štedi energiju. Valuta se koristi kao ulog za sudjelovanje u radu mreže, a rudari u PoS-u moraju dokazati vlasništvo nad količinom valute. Vjeruje se da će ljudi s većom količinom valute manje vjerojatno napasti mrežu. Odabir temeljen na stanju na računu prilično je nepošten, jer će pojedinačno najbogatija osoba biti dominantna u mreži. Kao rezultat toga, predložena su mnoga rješenja uz kombinaciju veličine uloga da se odluči snaga pojedinca na mreži. Na



primjer, jedan od rješenja je da oni koji imaju više te valute i duži su vlasnici imaju prednost u odnosu na one koji imaju manje i noviji su vlasnici valute prilikom stvaranja novog bloka. U odnosu na PoW, PoS štedi više energije i učinkovitiji je. Nažalost, kako je trošak rudarstva gotovo nula, napadi mogu doći kao posljedica. Unatoč tome, mnogi blockchaini na početku prihvaćaju PoW i prelaze se na PoS postupno.

Iako su mogući napadi kod Proof of Stakea, oni se ne smatraju realnima, barem kod blockchaina koji imaju reputaciju kao ozbiljni projekti, s obzirom da bi se izvršio napad na ovakvu mrežu, napadač bi trebao imati 51% ukupne valute što u nekim slučajevima mogu biti vrijednosti i u milijardama dolara. Tako postoji vrlo mali broj onih koji bi uopće mogli priuštiti nešto takvo, a u slučaju da se nešto takvo i dogodi postavlja se pitanje zašto bi netko tko ima toliku vrijednost nečega htio naštetiti mreži i umanjiti vrijednost svoje imovine.

Seang i Torre (2018) također navoda da za razliku od PoW-a u kojem svatko može postati rudar, ne mogu se svi pridružiti mreži u PoS sustavu, odnosno da bi sudjelovali u mreži moraju imati valutu potrebnu za izvršavanje transakcija na toj mreži. Valute u PoS-u zapravo služi kao gorivo koje pokreće mrežu. Vlasništvo nad valutom ili posjedovanje depozita u mreži omogućuje čvorovima sudjelovanje u procesu validiranja transakcija i stvaranja blokova. Za rješavanje kriptografskih jednadžbi kao u PoW protokolu, nije potrebna računalna snaga. Nema nagrade u obliku stvaranja novca, odnosno potvrđivači prikupljaju naknade od korisnika. Budući da validatori dobivaju samo naknade za transakcije, scenarij u kojem validatori stvaraju prazne blokove može se izbjeći jer su potaknuti da uključuju maksimalan broj transakcija kako bi maksimizirali svoju dobit. Kako se novi novčići neće stvarati u čistom obliku PoS-a i novčana masa se mora izdavati od početka, javlja se problem početne poštene distribucije kovanica. Ako PoS uključuje izbor validatora (što je veći ulog, veća je vjerojatnost da će biti izabran kao kreator sljedećeg bloka), tada su potrebni dodatni mehanizmi uravnoteženja kako bi se umanjio rizik obogaćivanja bogatih validatora i omogućila pravednija mogućnost sudjelovanja u radu mreže i veća decentralizacija.

### **3.2. Pametni ugovori**

Pametni ugovori predstavljaju još jednu od mogućnosti koje je donijela blockchain tehnologija. Swan (2015) u svome radu navodi kako Swanson (2014) ugovore u tradicionalnom smislu definira kao ugovor između dviju ili više strana da nešto učine ili ne

učine u zamjenu za nešto drugo. Svaka strana mora vjerovati drugoj strani da ispuni svoju stranu obveze. Pametni ugovori imaju iste atribute kao i tradicionalni ugovori, ali uklanjaju potrebu za jednom vrstom povjerenja između stranaka. To je zbog toga što je pametni ugovor definiran kodom i izvršava se automatski, bez potrebe za intervencijom treće strane. U stvari, tri elementa pametnih ugovora koji ih razlikuju od tradicionalnih ugovora su autonomija, samodostatnost i decentralizacija. Autonomija znači da, nakon što je ugovoren, ugovor i njegovi ugovaratelji ne moraju biti u daljnjem kontaktu. Drugo, pametni ugovori mogu biti samodostatni u svojoj sposobnosti da alociraju resurse. Treće, pametni ugovori decentralizirani su tako da ne postoje na jednom centraliziranom poslužitelju, oni se raspodjeljuju i samostalno izvršavaju po mrežnim čvorovima.

Swan (2015) također iznosi primjer koji se koristi za demonstraciju pametnih ugovora je aparat za prodaju slatkiša ili pića. Za razliku od osobe, automat se ponaša algoritamski, isti će se set uputstava slijediti svaki put u svakom slučaju. Kada se položi novac i izvrši odabir, predmet se pušta. Ne postoji mogućnost da stroj danas ne ispuni ugovor ili samo djelomično ispuni ugovor, osim u slučaju kvara.

Pametni ugovori ne omogućuju ništa što je prethodno bilo nemoguće, međutim omogućavaju rješavanje zajedničkih problema na način koji minimizira potrebu za povjerenjem. Na taj način se izbacuje ljudska pristranost ili subjektivno mišljenje, a omogućava potpuna automatizacija. Primjer osnovnog pametnog ugovora na blockchainu je nasljedstvo koje postaje dostupno nakon smrti određene osobe. Može se stvoriti ugovor koji se nalazi na blockchainu i ostaje neiniciran dok se ne pokrenu određeni budući događaji, bilo određeno vrijeme ili događaj. Naprimjer, moguće je postaviti neke uvjete u ugovor, čijim će se izvršenjem inicirati i automatski izvršiti transakcija na blockchainu. Za postavljanje uvjeta može se napisati program koji skenira internetsku bazu registra smrti, unaprijed određene osmrtnice internetskih novina ili slično kako bi se potvrdilo da je ta osoba umrla. Kad pametni ugovor potvrdi smrt, može automatski poslati sredstva nasljedniku.(ibid.)

Ibba et al. (2017) navode da bi se prikupile te informacije, na kojima se temelje uvjeti aktivacije, pametni ugovori koriste takozvane Oracles, odnosno sustave koji uzimaju podatke iz stvarnog svijeta i stavljaju ih u blockchain, te za primjer daju ideju da bi na području obrazovanja pametni ugovori mogli upravljati financijskim sredstvima ili bi se mogla zabilježiti postignuća učenika osiguravajući transparentnost u kontekstu mobilnosti ili u procesima traženja i zapošljavanja. U industrijskom kontekstu smatraju da bi se blockchain

mogao integrirati s big data tehnologijama kako bi se stvorili prediktivno-reaktivni sustavi, te prikupljati i pohranjivati ogromne količine podataka koje će se kasnije obrađivati i učiniti ih djelotvornim kombinirajući snagu umjetne inteligencije i pametnih ugovora.

Bashir (2018) smatra da blockchain tehnologija pruža idealnu platformu za vođenje pametnih ugovora. Definira ih kao automatizirane, autonomne programe koji borave na mreži blockchainta i objedinjuju poslovnu logiku i programski kod potreban za izvršavanje potrebne funkcije kada su ispunjeni određeni uvjeti. Pametni ugovori mogu se programirati za izvršavanje bilo koje radnje koja korisnicima blockchainta treba i prema njihovim specifičnim poslovnim zahtjevima. Definira sljedeće poslovne zahtjeve:

- Prijenos vrijednosti između pojedinaca

Blockchain omogućava prijenos vrijednosti između korisnika putem tokena. Tokeni se mogu smatrati nositeljem vrijednosti.

- Stvaranje kriptovaluta

Ova je značajka neobavezna te ovisi o vrsti blockchainta koja se koristi. Blockchain može stvoriti kriptovalute kao poticaj svojim rudarima koji potvrđuju transakcije i troše resurse za osiguranje blockchain mreže.

- Pametna imovina

Moguće je digitalno ili fizičko sredstvo povezati sa blockchainom na siguran i precizan način. Postoji potpuna kontrola nad imovinom i ona ne može biti dvostruko potrošena.

- Pružatelj sigurnosti

Blockchain se temelji na dokazanoj kriptografskoj tehnologiji koja osigurava integritet i dostupnost podataka. Povjerljivost se, uglavnom, ne zahtijeva zbog zahtjeva transparentnosti. Ovo ograničenje vodeća je prepreka njegovom prihvaćanju od strane financijskih institucija i drugih industrija koje zahtijevaju privatnost i povjerljivost transakcija. Kao takva, privatnost i povjerljivost transakcija na blockchainu istražuje se vrlo aktivno, a napredak se već postiže. Može se tvrditi da u mnogim situacijama povjerljivost nije potrebna i da se preferira transparentnost.

- Nepromjenljivost

Ovo je još jedna kritična značajka blockchaina, nakon što se dodaju zapisi u blockchain, oni su nepromjenjivi. Postoji daljinska mogućnost povratnih promjena, ali to se izbjegava pod svaku cijenu, jer bi to zahtijevalo pretjeranu količinu računalnih resursa

- Jedinstvenost

Ova značajka blockchaina osigurava da je svaka transakcija jedinstvena i da nije već potrošena čime se izbjegava problem s dvostrukom potrošnjom.

### 3.3. Vrste blockchain mreža

Postoji nekoliko vrsta blockchain mreža, pa je tako moguće razlikovati privatne, javne i hibridne blockchaine.

Svojstvo	Javni blockchain	Hibridni blockchain	Privatni blockchain
Određivanje konsenzusa	Svi rudari	Odabrani set čvorova	Članovi organizacije
Dostupnost	Javna	Javna ili ograničena	Javna ili ograničena
Nepromjenjivost	Skoro pa nepromjenjivo	Promjenljivo	Promjenjivo
Efikasnost	Niska	Visoka	Visoka
Centraliziranost	Nema je	Djelomična	Potpuna
Konsenzusni proces	Bez ograničenja	Samo članovi	Samo članovi

**Slika 3: Vrste blockchaina**

Izvor: An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends

Zheng et al. (2017) predstavlja sljedeće razlike između različitih vrsta blockchaina:

- Određivanje konsenzusa

U javnom blockchainu svaki bi čvor mogao sudjelovati u postupku konsenzusa, dok u hibridnom blockchainu samo je odabrani skup čvorova odgovoran za potvrdu bloka. Što se tiče privatnog blockchaina, njega u potpunosti kontrolira jedna organizacija i organizacija može utvrditi konačni konsenzus.

- Dozvole

Transakcije u javnom blockchainu vidljive su javnosti dok u privatnom blockchainu ili hibridnom blockchainu to može ovisiti o postavkama koje sudionici te mreže donesu.

- Nepromjenjivost

Budući da su zapisi pohranjeni na velikom broju sudionika, gotovo je nemoguće mijenjati transakcije u javnom blockchainu. U privatnom ili hibridnom blockchainu to nije slučaj, jer se one mogu relativno lako mijenjati zbog ograničenog broja sudionika.

- Učinkovitost

Potrebno je dosta vremena za obavljanje transakcija i blokova u javnoj blockchain mreži zbog velikog broja čvorova. Kao rezultat toga, protok transakcija je ograničen i kašnjenje je veliko. Sa manje validatora, hibridni blockchain i privatni blockchain su učinkovitiji i brži.

- Centraliziranost

Glavna razlika između tri vrste blockchainea je ta što je javni blockchain decentraliziran, hibridni blockchain djelomično je centraliziran, a privatni blockchain je u potpunosti centraliziran jer ga kontrolira jedna grupa.

- Proces konsenzusa.

Svatko na svijetu mogao bi se pridružiti procesu donošenja konsenzusa javnog blockchainea. Za razliku od javnog blockchainea, kod hibridnog i privatnog blockchainea samo određeni sudionici mogu pristupiti mreži.

### **3.3.1. Javna mreža**

Blockchain, originalno nastankom bitcoina, je zamišljen kao javna mreža kojoj svatko ima pristup. Mohan (2019) navodi da su anonimnost ili pseudonimnost sudionika u javnim blockchain sustavima važan atribut takvih sustava. Sve informacije povezane s transakcijama izvršene u takvim sustavima, zabilježene su na blockchainu i javne su svim zainteresiranim stranama bilo gdje. Svatko u bilo kojem dijelu svijeta je slobodan sudjelovati u takvom sustavu te ne postoje prepreke za pridruživanje ili napuštanje sustava. Te karakteristike javnih blockchain sustava doveli su do problema sa skaliranjem i nevjerojatno loših performansi u usporedbi s tradicionalnim sustavima za obradu transakcija, a anonimnost je također jedan od potencijalnih nedostataka s obzirom da to iskorištavaju mnogi za razne vrste ilegalnih aktivnosti.

Međutim, unatoč ovim nedostacima, ovaj oblik blockchaina i dalje ima brojne prednosti, a performanse i skalabilnost sustava svakodnevno napreduju. Ovakav oblik blockchain mreže naglašava prednosti transparentnosti, nepromjenjivosti podataka, povjerljivosti i decentraliziranosti za razliku od privatnih blockchaina, a napretkom i daljnjim razvojem tehnologije, ovakvi sustavi će se po pitanju performansi zasigurno približiti tradicionalnim sustavima i privatnim blockchain sustavima.

Dakle, javna blockchain mreža predstavlja sve one mreže koje su otvorene javnosti, sve transakcije ikad obavljene na tim mrežama su vidljive zainteresiranim stranama, pa se čak i koncept anonimnosti može dovesti u pitanje, s obzirom da su svačije transakcije vidljive svima, te ako se uspješno neka od transakcija uspije povezati s nekom osobom, moguće je pratiti sve njene transakcije, čime se u potpunosti gubi anonimnost i nije je moguće vratiti.

Također kod javnih blockchaina je gotovo pa nužno pravilo da se koriste kriptovalute ili tokeni koji nagrađuju rudare za njihov rad, odnosno kada riješe neki blok dobiju nagradu u obliku tih valuta ili dobivaju proviziju od transakcija koje se obave na toj mreži. Te valute služe kao sredstvo plaćanja na toj mreži i motivacija da se što više članova pridruže na određenu platformu čineći je jačom, stabilnijom i učinkovitijom. Koristeći te valute ili tokene razvilo se špekulativno financijsko tržište u kojemu se trguje njihovom vrijednosti, a neke od tih valuta su dosegle tržišnu kapitalizaciju u vrijednosti od više milijardi dolara.

### **3.3.2. Privatna mreža**

Mohan (2019) navodi da za razliku od javnog blockchain sustava, prilikom korištenja privatnog ili ovlaštenog blockchain sustava, kod ovakve vrste blockchain mreže samo oni koji su izričito ovlašteni od strane trenutnih sudionika ili administratora imaju pravo sudjelovati na toj mreži. S njime se slaže i Guegan (2017) koji za privatni blockchain smatra da je onaj u kojemu se proces konsenzusa može postići samo ograničenim i unaprijed definiranim brojem sudionika. Pristup mreži pruža organizacija i dozvole za uvid u transakcije mogu biti javne ili ograničene. U ovom slučaju proces konsenzusa kontrolira unaprijed odabrani skup čvorova, a privatni blockchain ne koristi nužno mehanizme utemeljene na kriptografiji. U slučaju privatnog blockchaina, nema rudarstva, ne koristi se Proof of Work protokol, te nema naknade.

Privatni blockchain ima brojne prednosti, te veliki broj projekata velikih korporacija kao što su IBM, Microsoft, Google, Amazon, Oracle i brojni drugi se fokusiraju upravo na razvoj ovakve vrste blockchaina.

Dok ovakva vrsta blockchaina ima svoje nedostatke u pogledu povećane centralizacije, odlikuju je i brojne prednosti poput brzine transakcija, mogućnosti brže izmjene na blockchainu u slučaju problema, kontrole pristupa na mrežu i sl.

S obzirom da je blockchain zamišljen decentralizirana i sigurna tehnologija digitalnog pohranjivanja i prijenosa uz minimalne troškove, te predstavlja popis svih razmjena izvršenih između korisnika blockchaina od njegovog nastanka vidljivo je da se ovakav privatni pristup blockchain tehnologiji razlikuje od originalne ideje. Kod javnih blockchaina registar u kojem su zapisane sve transakcije je decentraliziran, pohranjen na korisničkim poslužiteljima, te radi bez posrednika čime se eliminiraju infrastrukturni troškovi. Za manipuliranje ovim popisom potrebno je pristupiti i izmijeniti istodobno desetke tisuća neovisnih baza podataka, a korisnici potvrđuju svaku transakciju kroz transparentan postupak koji sprječava manipulaciju.(ibid) Kod privatnog blockchaina to nije slučaj, te se vrlo lako mogu izmijeniti podaci koji se nalaze na mreži s obzirom na mali broj sudionika. Privatni blockchain sustavi uvelike nalikuju tradicionalnim sustavima.

### **3.3.3. Hibridna mreža**

Kao što sam naziv govori, hibridni blockchain je kombinacija privatnog i javnog. Ovakva vrsta mreže nastoji iskoristiti prednosti i jedne i druge vrste blockchaina.

Sankar et al. (2017) navodi da u slučaju hibridnog blockchaina, nemaju svi članovi mreže jednaka prava na potvrdu transakcija. Samo određeni broj ima određene povlastice nad valjanošću transakcija. Ostali mogu potvrditi, ali ovaj odabrani broj članova prije provedbe mora postići konsenzus. Ovaj način pruža ovoj vrsti blockchaina djelomičnu decentralizaciju, iako i dalje naginje u korist centralizacije, što omogućava brže obavljanje transakcija na mreži. Glavne odlike ovog blockchaina su što čvorovi mogu biti samo prethodno selektirani članovi, ne može svatko pristupiti mreži, a identitet članova na mreži je unaprijed poznat.

## 3.4. Prednosti blockchaina

### 3.4.1. Decentralizacija

Zheng et al. (2017) navode da u konvencionalnim centraliziranim transakcijskim sustavima svaku transakciju treba potvrditi putem središnje pouzdane agencije, kao što je primjerice središnja banka, što neizbježno rezultira troškovima i uskim grlima u radu na središnjim poslužiteljima. Za razliku od centraliziranog načina rada, treća strana više nije potrebna u blockchainu. Konsenzusni algoritmi u blockchainu koriste se za održavanje dosljednosti podataka u distribuiranoj mreži. Golosova i Romanovs (2018) navode da sustav funkcionira bez posrednika i da svi sudionici ovog blockchaina donose odluke. Svaki sustav ima bazu podataka i važno je zaštititi ovu bazu, jer kada sustav radi sa organizacijama trećih strana, postoji rizik od hakiranja baze podataka ili će podaci možda završiti u pogrešnim rukama.

Bashir (2018) smatra da se informacijsko-komunikacijska tehnologija (ICT) uobičajeno temelji na centraliziranoj paradigmi po kojoj su baza podataka ili poslužitelji aplikacija pod nadzorom središnjeg tijela, poput administratora sustava. Centralizirani sustavi su konvencionalni (klijent-server) informatički sustavi u kojima postoji jedinstveno tijelo koje upravlja sustavom i koje je isključivo zaduženo za sve operacije u sustavu. S pojavom blockchain tehnologije ovaj se model promijenio i sada ta tehnologija postoji, što omogućava svakome da pokrene decentralizirani sustav i njime upravlja bez jedinstvene točke kvara ili jednog ovlaštenog autoriteta. Po dizajnu, blockchain je savršeno sredstvo za pružanje platforme koja ne treba nikakve posrednike i koja može funkcionirati s mnogim različitim vođama odabranim putem mehanizama konsenzusa. Ovaj model omogućuje bilo kojem natjecatelju da postane donositelj odluke.

Također, uz centralizirane i decentralizirane sustave navodi još i distribuirane sustave, a razlika između decentraliziranog sustava i distribuiranog sustava je da u distribuiranom sustavu još uvijek postoji središnje tijelo koje upravlja cijelim sustavom, dok u decentraliziranom sustavu takvo tijelo ne postoji. Decentralizirani sustav je vrsta mreže gdje čvorovi ne ovise o jednom glavnom čvorištu, umjesto toga, kontrola je raspoređena među mnogim čvorovima. (ibid.)

Može se zaključiti da je decentralizacija jedna od temeljnih i najvažnijih karakteristika blockchain tehnologije, a prava decentralizacija može se ostvariti samo kod javnih blockchain



mreža. Decentralizacijom se omogućava povjerenje u mrežu i sprječavaju mogućnosti prevare.

### **3.4.2. Transparentnost**

Transparentnost blockchaina proizlazi iz toga što je riječ o javnoj i decentraliziranoj bazi podataka u kojoj se zapisi ne mogu mijenjati jednom kada su unešeni. To garantira da podaci ostaju validni i svatko u svakome trenutku im ima pristup. Sve transakcije na mreži su vidljive i u pravilu ih je nemoguće sakriti. To sprječava manipulaciju podacima, a na primjer, u slučaju upotrebe ove tehnologije u pametnim gradovima, ako bi se sva sredstva i transakcije kojima političari raspoložu nalazila na blockchainu, to bi bilo jednostavno pratiti i postigla bi se gotova potpuna transparentnost trošenja javnog novca.

De Filippi (2016) navodi da što je decentraliziranija infrastruktura, mreža se manje oslanja na povjerenje i više se umjesto toga oslanja na transparentnost. U vezi s tim, vrijedno je razlikovati dvije vrste transparentnosti: transparentnost sadržaja, koja zahtijeva otkrivanje stvarnog sadržaja komunikacije, i transparentnost protokola, što zahtijeva samo otkrivanje metapodataka ili drugih vrsta administrativnih podataka. Iako prvi nije preduvjet za decentraliziranu koordinaciju, drugi je potreban u gotovo svim decentraliziranim infrastrukturama..

Postoje dakle i neki načini kako povećati privatnost korisnika blockchaina što može naškoditi njegovoj transparentnosti. Tako da je često potrebno odabrati nekakav balans između privatnosti i potpune transparentnosti da bi se uspješno iskoristile sve prednosti ove tehnologije.

### **3.4.3. Povjerljivost**

Blockchain je tehnologija koja je zasnovana na povjerenju. Werbach (2018) navodi da se na blockchain mreži, osim za output same mreže, ništa ne pretpostavlja da je pouzdano. Ovaj karakteristični aranžman definira interakciju blockchaina sa zakonom, regulativom i upravljanjem. U bilo kojoj transakciji postoje tri elementa kojima se može vjerovati, druga

strana, posrednik i mehanizam za rješavanje sporova. Blockchain pokušava zamijeniti sva tri elementa softverskim kodom. Ljudi su predstavljeni pomoću digitalnih ključeva, koji eliminiraju kontekstualne faktore koje ljudi koriste za procjenu pouzdanosti. Platforma za transakcije je distribuirani stroj kojim upravljaju nepoznati sudionici koji su u njemu isključivo zbog novca. A rješavanje sporova događa se putem pametnih ugovora izvršavajući unaprijed definirane algoritme. Ono što transakciju čini valjanom su kriptografski dokazi koje druga strana može matematički potvrditi.

Blockchain dakle, rješavajući se treće strane uvodi automatizaciju u donošenje odluka i ubrzava proces, a činjenica je da odluke donosi programski kod, te su sve transakcije javno vidljive i transparentne. Iako je pogrešno reći da se svemu na blockchainu može u potpunosti vjerovati, ovakav pristup ipak povećava razinu povjerenja u odnosu na tradicionalne sustave zato što minimizira potrebu za povjerenje u treću stranu.

#### **3.4.4. Sigurnost**

Shrier (2016) navodi da konvencionalni modeli sigurnosti podataka se oslanjaju na stvaranje tvrdih i čvršćih prepreka, odnosno dodavaju više faktora autentifikacije za pristup i pojačavaju šifriranje. Obično se oslanjaju na isti temeljni koncept, jednom kada korisnik uđe u sustav, može pristupiti podacima. S blockchainom postoji mogućnost „rasipanja hrpe“, što čini troškove bilo kojeg kršenja ili kombinacije kršenja znatno nižim. U kombinaciji s jakim načinima šifriranja može se uspostaviti mnogo sigurnija metoda pohrane i pristupa podacima, povećavajući sposobnost upravitelja podataka da zaštite kritične podatke. Podaci na blockchainu se također ne mogu mijenjati. Zaštita podataka i privatnost drugi su aspekt sigurnosti podataka. Decentralizirana i transparentna priroda blockchaina može se u početku suprotiti privatnosti pojedinca, ali postoje brojne inicijative i za rješavanje i toga problema.

Blockchain predstavlja poprilično siguran sustav za pohranu podataka. S obzirom da je ovakve sustave teško hakirati, jer napadači trebaju imati više od 50% snage ukupne mreže za napad i promjenu podataka na mreži, ti podaci skladišteni na blockchainu se u pravilu smatraju vrlo sigurnima. Međutim, s obzirom da je riječ o tehnologiji koja se još uvijek nalazi u razvoju, i prilikom korištenja ove tehnologije treba proći još vremena da bi se dosegla zadovoljavajuća razina sigurnosti podataka.

### **3.5. Problemi blockchaina**

Bashir (2018) navodi da iako ima brojne prednosti poput decentralizacije, transparentnosti, učinkovitosti, kao i u nekim slučajevima privatnosti i anonimnosti, neke izazove, poput sigurnosnih zahtjeva, softverskih grešaka i ljudskih grešaka, potrebno je temeljito ispitati. Na primjer, u decentraliziranom sustavu kao što su Bitcoin ili Ethereum mreža gdje sigurnost obično pružaju privatni ključevi, kako se može osigurati da se pametno svojstvo povezano s tim privatnim ključevima ne može učiniti beskorisnim ako se privatni ključevi izgube ili da zbog greške u kodu pametnog ugovora decentralizirana aplikacija ne postane ranjiva na napad.

Postoje brojni problemi koji se javljaju kod integracije blockchain tehnologije u poslovanje i postojeću infrastrukturu i na čijem se rješavanju intenzivno radi. Neki od glavnih nedostataka, odnosno trenutnih problema su skalabilnost, privatnost i pristup eksternim podacima koji se ne nalaze na blockchainu.

#### **3.5.1. Skalabilnost**

Zheng et al (2017) navode da se količina transakcija na blockchain mrežama iz dana u dan povećava, te blockchain postaje glomazan. Svaki čvor mora pohraniti sve transakcije kako bi ih potvrdio u blockchainu jer moraju provjeriti je li izvor trenutne transakcije nepotrošen ili ne. Naprimjer bitcoinov blockchain, zbog izvornog ograničenja veličine bloka i vremenskog intervala korištenog za generiranje novog bloka, može obraditi samo gotovo 7 transakcija u sekundi što ne može ispuniti zahtjev za obradu milijuna transakcija. S obzirom da je kapacitet blokova vrlo malen, mnoge bi male transakcije mogle kasniti jer rudari preferiraju transakcije s visokom naknadom za transakcije. Tako i Winter (2018) navodi da u trenutnoj postavci tipični blockchain nije skalabilan. Budući da svaki čvor mora obraditi transakcije, propusna širina ukupne blockchain mreže jednaka je propusnoj širini jednog čvora. Propusnost transakcije ograničena je na širinu pojasa čvora s najmanjom dostupnom računskom snagom. Dizajnom blockchaina donosi se izbor kolika je propusna širina potrebna za rad čvora što vodi ka razmatranju visoke ili niske propusnosti transakcija što rezultira centraliziranom, odnosno decentraliziranom mrežom jer povećavanje propusne širine isključuje određeni broj čvorova. Većina blockchain mreža kompromitirala je skalabilnost u korist sigurnosti i decentralizacije.

Pored toga, još jedno pitanje vezano za skalabilnost blockchaina jest to da se povećanjem broja čvorova koji sudjeluju povećava kašnjenje.

### 3.5.2. Privatnost

Zheng et al (2017) smatraju da blockchain može sačuvati određenu količinu privatnosti putem javnog i privatnog ključa. Korisnici mreži pristupaju s privatnim i javnim ključem bez potrebe izlaganja stvarnog identiteta. No, blockchain ne može jamčiti transakcijsku privatnost jer su vrijednosti svih transakcija i stanje za svaki javni ključ javno vidljive. Međutim ukoliko se sazna identitet onoga tko je vlasnik privatnog ili javnog ključa, onda je vrlo lako povezati sve transakcije toga korisnika, moguć je uvid u sva sredstva koja taj korisnik posjeduje na toj mreži i taj korisnik više nikada neće moći vratiti tu anonimnost.

Korisničke adrese u blockchainu predstavljaju pseudonim. No i dalje je moguće povezati adrese sa stvarnim identitetom korisnika jer mnogo korisnika često obavlja transakcije s istom adresom. Jedno od rješenja ovog problema je usluga miješanja, odnosno to je vrsta usluge koja pruža anonimnost prijenosom sredstava s više ulaznih adresa na više izlaznih adresa. Na primjer, korisnica Alice s adresom A želi poslati nešto sredstava Bobu s adresom B. Ako Alice izravno napravi transakciju s ulaznom adresom A i izlaznom adresom B, može se otkriti odnos između Alice i Boba. Tako bi Alice mogla poslati sredstva pouzdanom posredniku Carol. Zatim Carol sredstva prebacuje u Bob s više ulaza c1, c2, c3, itd., i višestrukim izlazima d1, d2, B, d3, itd. Bobova adresa B također se nalazi u izlaznim adresama. Tako postaje teže otkriti odnos između Alice i Boba. Međutim, posrednik može biti nepošten i namjerno otkrivati privatne podatke Alice i Boba. Moguće je i to da Carol sredstva Alice prebacuje na vlastitu adresu umjesto Bobove adrese. (ibid.)

Kao što je već spomenuto, često je potrebno pronaći ravnotežu između transparentnosti koja će se prikazivati na mreži i zaštite privatnosti korisnika. Tako postoje potpuno transparentne mreže u kojima se zna identitet svakog člana, takve mreže su najčešće privatni blockchainti i samo članovi znaju o kojima se osobama radi, djelomično privatne mreže, odnosno one u kojima se ne zna identitet osobe koja posjeduje ključeve ali su sve njene transakcije vidljive, te one blockchain mreže koje se smatraju privatnima i prikrivaju sve transakcije svojih članova.

### **3.5.3. Pristup eksternim podacima**

Jedan od temeljnih problema koji se javlja kod blockchain tehnologije je kako blockchain može pristupiti eksternim podacima, a da pritom ti podaci budu pouzdani i ispravni. Kamilaris et al. (2019) navodi da bi bili funkcionalni, blockchain se mora osloniti na vanjske sustave kako bi dobio točne informacije iz stvarnog svijeta. To su takozvani oraclesi koji povezuju fizički i digitalni svijet, a podaci obično potječu od automatiziranih očitavanja senzora, skupa podataka s web aplikacija i ručnih zapisa. No, nužnost takvih posrednika može ugroziti izgradnju decentraliziranog povjerenja na blockchainu. Provode se znatna istraživanja kako se riješiti problema s uslugom Oracle u blockchainu, posebice za financije i pametne aplikacije povezane s ugovorima. Predložena rješenja općenito se oslanjaju na razvijanje decentraliziranih rješenja i stvaranja novih metoda provjere autentičnosti podataka.

Na primjer, ako se želi sklopiti pametni ugovor između dvije stranke, a podaci na temelju kojih se izvršava pametni ugovor dolaze iz jednog izvora i taj izvor podataka ne nudi ispravne podatke, može prouzrokovati neželjene troškove i stvaranje sporova između različitih strana. To je upravo ono što bi pametni ugovori trebali spriječiti. Zato je potrebno razviti rješenja koja nude decentralizirane izvore podataka, odnosno nude podatke iz više različitih pouzdanih izvora što osigurava ispravno izvršavanje funkcija na blockchainu. Također, centralizirani izvori podataka su podložni hakiranju i prijevarama. Primjer jedne takve prijevare dolazi iz 2020. godine kada je napadnut centralizirani bZx oracle sustav i čime se napravila šteta od 350 tisuća dolara. (Cryptopolitan, 2020)

### **3.6. Primjena blockchaina u pametnim gradovima**

Swan (2015) navodi da bi se blockchain tehnologija mogla koristiti u kombinaciji s ostalim vrstama tehnologije koje služe u svrhe povezivanja a koje uključuje Internet stvari (IoT), pametne telefone, tablete, prijenosna računala, pametni dom, pametni automobil i pametni grad. Ono što blockchain omogućuje nije samo kretanje novca, to je prijenos informacija i učinkovita raspodjela resursa koje je novac omogućio u ekonomiji ljudi i poduzeća. S revolucionarnim potencijalom jednakim onom na Internetu, blockchain tehnologija mogla bi se implementirati i usvojiti mnogo brže nego što je Internet s obzirom na mrežne efekte trenutno široko rasprostranjene globalne internetske i mobilne povezanosti.

Blockchain može predstavljati novu tehnološku paradigmu te se koristiti za plaćanje, i to ne samo osnovna plaćanja, već i mikro plaćanja, decentraliziranu razmjenu, zaradu i potrošnju tokena, prikazivanje i prijenos digitalne imovine i pametno izdavanje i izvršenje ugovora, kao ekonomski sloj koji Internet nikad nije imao.(ibid.)

### **3.6.1. Javna uprava**

Blockchain tehnologija može imati široku upotrebu u javnoj upravi, a upotrebom ove tehnologije također se može smanjiti korupcija, te povećati efikasnost i transparentnost javne uprave. Ølnes, Ubacht i Janssen (2017.) smatraju da blockchain tehnologija ima mogućnost praćenja bilo kakve promjene vlasništva i može služiti za pohranu važnih informacija i dokumenata poput certifikata, licenci, vladinih odluka i zakona. Podaci pohranjeni na blockchainu bi u pravilu bili transakcijski podaci poput vlasništva zemljišnih, rodnih i vjenčanih certifikata, registracija vozila, poslovnih dozvola, obrazovnih certifikata, studentskih kredita, socijalnih naknada i glasova. Tako navode da je u mnogim zemljama teško otkriti vlasništvo neke osobe nad zemljištem, a upotrebom blockchaine potrebno je registrirati svaku transakciju zemljišne vrijednosti. Blockchain tako sprječava manipulaciju i gubitak podataka.

Kim i Kang (2017) navode da bi se blockchain mogao koristiti za obavljanje mnogih funkcija tradicionalnog regulatora i uvjeriti javnost da političari ne troše novac poreznih obveznika netransparentno. Vlada i financijske institucije mogu koristiti tu tehnologiju kao sredstvo za borbu protiv financijskog kriminala, poput pranja novca i praćenja bilo kojeg fonda koji se prenosi za kriminalne aktivnosti poput trgovine drogom ili terorizma. Pomoću tehnologije svaka se transakcija može zabilježiti bez manipulacije, što krajnje određište čini transparentnim.

Zapise na blockchainu također mogu pregledavati nevladine organizacije i dobrotvorne organizacije kako bi se uklonile pronevjere sredstava namjenjih u dobrotvorne aktivnosti. To bi bilo korisno međunarodnim organizacijama kao što je Svjetska banka da prate gdje se zajmovi troše unutar granica zemalja koje te zajmove dobiju u točno određene svrhe. Međunarodne organizacije koje pružaju izravna strana ulaganja državama u razvoju mogu pratiti svaki dolar što će u konačnici dovesti do bolje potrošnje. U slučaju dobrotvornih

organizacija, donatori će moći pratiti kako troše svoj novac, krajnje odredište kao i rezultate dobivene donacijama.(ibid.)

Nāsulea i Mic (2018) smatraju da je primarna prednost blockchaina u okviru javne uprave, da istovremeno budu i sigurni i privatni, što znači da bi se od građana moglo zatražiti da se autentificiraju koristeći svoj digitalni identitet kako bi mogli glasati na lokalnim, regionalnim ili nacionalnim izborima. Svaki građanin mogao bi neovisno revizirati glasovanje. Takva revizija bi jasno pokazala da nijedan glas nije uklonjen ili promijenjen i da su svi glasači glasali legalno.

Također navode da blockchain omogućava da odnosi među pojedincima djeluju distribuirano, bez potrebe za koordinatorom ili središnjim planerom. Navode tri glavne jedinice unutar modela pametnog grada, a to su pametni grad, pametno društvo i pojedinac. Može se reći da implementacija dijelova blockchaina i tehnologije kao što su digitalni identiteti ili pametni uređaji bi zasigurno poboljšali život e-građana pametnog grada. Pametni ugovori i sustavi za podršku glasanju, odlučivanju i pregovorima na temelju blockchaina poboljšali bi i optimizirali rad pametne zajednice, a sam pametni grad bi koristio prednosti povećane učinkovitosti od automatizirane interakcije sa svojim e-građanima.(ibid.)

### **3.6.2. Transport**

Transport je također jedan od područja u kojem se može koristiti blockchain tehnologija u kombinaciji s autonomnim vozilima i IoT-om. Xie et al. (2019) navode sljedeće prednosti primjene blockchaina u transportu:

#### **1. Decentralizirana arhitektura pametnog transporta**

Smatraju da iako centralizirane mreže vozila olakšavaju nadzor i upravljanje vladinim institucijama, centralizirani način nije dovoljno siguran. Da bi se prevladali sigurnosni rizici, koristeći blockchain tehnologiju moguće je izgraditi decentraliziranu mrežu vozila.(ibid.)

#### **2. Upravljanje komunikacijom u vozilu**

Dijeljenje poruka povezanih s cestom, kao što je stanje na cesti i prometni zastoji, među vozilima može poboljšati sigurnost i efikasnost prometa. Međutim, zbog unutrašnjih karakteristika automobilskih mreža poput velike pokretljivosti vozila i dinamičnih prometnih

uvjeta, vozila obično ne mogu u potpunosti vjerovati jedno drugome. Netočne poruke koje dijele zlonamjerna vozila imaju loš utjecaj na sigurnost i efikasnost prometa. Stoga je u nepovjerenom okruženju potrebno dizajnirati učinkovit mehanizam upravljanja povjerenjem u prometnim mrežama. Brzom implementacijom pametnih vozila nepraktično je upravljati velikim brojem vozila koristeći centralizirani entitet s punim povjerenjem. U ovom su slučaju decentralizirani sustavi učinkovitiji za upravljanje povjerenjem. Značajke decentralizacije, transparentnosti i nepromjenjivosti blockchaina čine ga idealnim izborom za decentralizirane sustave upravljanja povjerenjem.(ibid.)

### 3. Upravljanje punjenjem električnih vozila

Popularnost električnih vozila raste iz dana u dan. Pojavom novih automobilskih proizvođača poput Tesle ovaj tip vozila približio se svakodnevnom potrošaču. Stoga je potrebno ispravno razviti sustav za kontrolu i punjenje tih vozila. Kako bi se razvili zeleni transportni sustavi, električna vozila privukla su veliku pozornost i može ih se pronaći u mnogim zemljama. Da bi se osigurala normalna vožnja električnih vozila, stanice za punjenje kao infrastruktura za punjenje široko se postavljaju, posebno u urbanim područjima. Općenito, nakon postupka punjenja, električno vozilo mora platiti stanici za punjenje određeni iznos novca. Blockchain i pametni ugovori mogu se koristiti za olakšavanje trgovanja električnom energijom između električnih vozila i stanica za punjenje.(ibid.)

Yuan i Wang (2016) smatraju da prometna svjetla, digitalni fotoaparati, automobili i sl., koji su danas tipično upravljani središnjom vlasti u inteligentnom transportnom sustavu, mogu se u budućnosti digitalizirati i registrirati u decentralizirane blokove. Moguće je dizajnirati specifične vrste čipova koji se mogu ugraditi u uređaje i povezati s internetom. Ovi čipovi će pretvoriti uređaje u rudarske platforme, čime se uspostavlja veza s blockchainom. Jednom povezani, transportni entiteti mogu uspostaviti osiguranu i pouzdanu komunikacijsku mrežu na blockchain mreži, a također formiraju samoorganizirani, samonapredni i decentralizirani autonomni inteligentni transportni ekosustav. Štoviše, blockchain se može koristiti za upravljanje životom i nadzor nad transportnim uređajima. Unutar svog vijeka trajanja, sve vrste događaja, uključujući održavanje, preprodaju i prometne nezgode, kao i sve vrste podataka u stvarnom vremenu koje su generirani iz senzora, raznih uređaja, GPS modula, pa čak i pametnih telefona vozača, mogu se sigurno snimiti u nepromjenljivu i neopozivu knjigu zapisa na blockchainu, i time oblikuju njegovu cjelovitu, praćenu povijest.



### 3.6.3. Zdravstveni sustav

Zdravstveni sustav je također jedan od potencijanih sustava koji blockchain može unaprijediti. Linn i Koo (2016.) smatraju da upotreba blockchain tehnologije u zdravstvu može omogućiti pacijentima i liječnicima pristup zajedničkom izvoru podataka za dobivanje pravovremenih, točnih i sveobuhvatnih zdravstvenih podataka pacijenata. Blockchain može podržati mnoštvo izvora zdravstvenih podataka, uključujući podatke iz mobilnih aplikacija pacijenata, nosivih senzora, dokumenata i slika čime se prikuplja ogromna količina podataka o pacijentima što može unaprijediti njihovo liječenje ili možda čak i spriječiti razvoj bolesti.

Blockchain će omogućiti i prikupljanje i pohranjivanje podataka s nosivih senzora i mobilnih aplikacija, a time i pridonijeti značajne informacije o rizicima u odnosu na koristi od tretmana. Nadalje, kombinirajući zdravstvene podatke s mobilnih aplikacija i nosivih senzora s podacima iz tradicionalnih EMZ-a će ponuditi medicinskim istraživačima mogućnosti klasificiranja pojedinaca u subpopulaciju koja reagira dobro na određeno liječenje ili koja je više osjetljiva na određene bolesti. (ibid.)

Xie et al. (2019) navode sljedeće prednosti blockchaina u zdravstvu:

#### 1. Dijeljenje i pohranjivanje zdravstvenih podataka

Zdravstvo je dnevna domena u kojoj se dnevno stvara velika količina medicinskih podataka, koji se pohranjuju i kasnije im se pristupa. U tradicionalnom zdravstvenom sustavu pacijentovi medicinski podaci rasuti su se po različitim bolnicama i odjelima, što rezultira da svaka bolnica nema kompletne povijesne medicinske podatke o pacijentu, što loše utječe na liječenje pacijenata i kvalitetu zdravstvenih usluga. Stoga je potrebno dijeliti medicinske podatke o pacijentima između različitih odjela i pružatelja zdravstvenih usluga. S druge strane, medicinski podaci pacijenata vrlo su važni za donošenje odluka o potrebnoj zdravstvenoj skrbi pacijenta., te stoga ne bi trebalo nikakvo mijenjanje postojećih podataka. Stoga je potrebno pronaći način kako sigurno pohraniti medicinske podatke, a istovremeno jamčiti integritet podataka, što je poprilično izazovan zadatak. Kao što je već spomenuto u radu u dijelu o karakteristikama blockchaina, medicinski podaci pacijenata mogu se dijeliti i pohranjivati na blockchain na nepromjenjiv, siguran i pouzdan način.(ibid.)

#### 2. Kontrola pristupa zdravstvenim podacima

U tradicionalnom zdravstvenom sustavu medicinskim podacima pacijenata upravljaju bolnice, dok su pacijenti lišeni prava na kontrolu nad vlastitim medicinskim podacima i ne znaju kako se njihovi medicinski podaci koriste. Budući da medicinski podaci obično sadrže osobne i osjetljive podatke o pacijentima, pacijenti imaju snažnu potrebu da kontroliraju vlastite medicinske podatke i zaštite svoje podatke od neovlaštenog pristupa. Blockchain pruža siguran, decentralizirani okvir za pacijente za kontrolu pristupa njihovim medicinskim podacima.(ibid.)

Također navode da blockchain tehnologija potiče razmjenu i pohranu medicinskih podataka. Subjekti, npr. pružatelji zdravstvenih usluga i medicinski znanstvenici, koji su zainteresirani za medicinske podatke motivirani su da kolektivno održavaju blockchain na decentralizirani način, na temelju kojeg se mogu pohraniti kompletne medicinske povijesti pacijenata. Uz to još jedna primjena blockchaine u domenu pametne zdravstvene zaštite je kontrola pristupa medicinskim podacima. Pacijenti mogu upotrebljavati blockchain i pametne ugovore te odrediti tko ima pristup njihovim podacima i na taj način samo određeni ovlašteni korisnici imaju pristup medicinskim podacima pacijenata. Na taj način pacijenti postaju vlasnici svojih medicinskih podataka i mogu automatski kontrolirati pristup svojim medicinskim podacima kako bi poboljšali vlastiti život i zdravlje.(ibid.)

#### **3.6.4. Financijski sustav**

Blockchain tehnologija možda i najveću trenutnu primjenu ima u financijskom sustavu. S obzirom da je u tom području i nastala, najviše njenih adaptacija ima upravo u ovome sektoru.

Financijski sustav uvelike može profitirati od ove tehnologije. Kao što Tapscott i Tapscott (2017) navode, blockchain tehnologija neće samo smanjiti troškove i povećati efikasnost postojećih posredničkih organizacija, već je pravi potencijal ove tehnologije u njihovom uklanjanju iz procesa razmjene novčanih i financijskih sredstava.

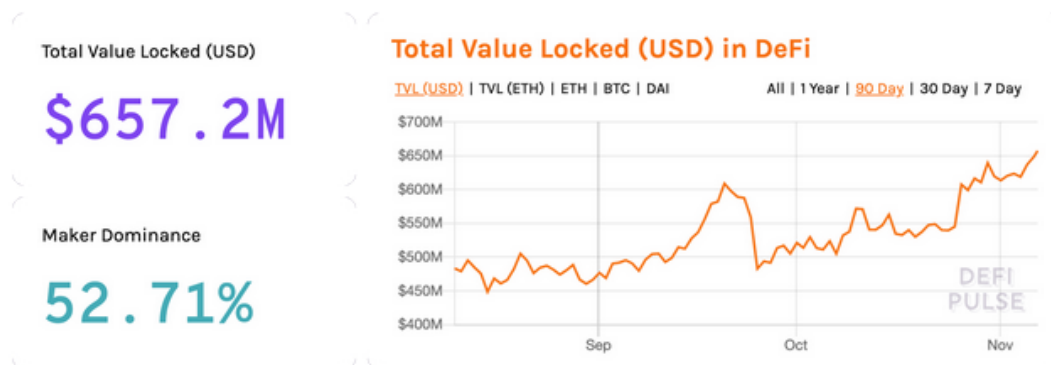
Novac, udjeli, obveznice, vlasnički ulozi, djela, ugovori i gotovo sve druge vrste imovine mogu se premjestiti i pohraniti na siguran način putem blockchaine, jer povjerenje ne uspostavljaju moćni posrednici poput banaka i vlada, već mrežni konsenzus, kriptografija i pametan kod.(ibid.)

Unatoč tim radikalnom prognozama, te postojeće financijske organizacije su prepoznale potencijal te su ovu tehnologiju počele uvoditi da bi unaprijedile poslovanje. Trevelaen et al. (2017) navode da na području bankarstva i financijskih usluga, blockchain tehnologija može pojednostaviti poslovne procese uz istodobno stvaranje sigurnih i pouzdanih zapisa o sporazumima i transakcijama.

Kriptovalute su također jedna od novosti u svijetu financija a temelje su upravo na blockchain tehnologiji. Prva i najpoznatija kriptovaluta kao što je već spomenuto u ovome radu je Bitcoin. Međutim, to nije i jedina kriptovaluta danas. Iako su brojne kriptovalute i zamišljene kao određena vrsta valute, sam pojam kriptovaluta možda pogrešno navodi na zaključak da se radi o stvarnim valutama koje služe kao sredstvo plaćanja u klasičnom financijskom sustavu. U pravilu ove valute služe kao sredstvo plaćanja za obavljanje usluga na blockchain mreži i kao poticaj rudarima za održavanje te mreže.

ICO ili Initial Coin Offering je jedna od najpopularnijih metoda za prikupljanje sredstava kod blockchain projekata. Riječ je o tome da se na početku projekta investitorima ponudi otkup određenog broja kriptovaluta po određenoj cijeni za koju se smatra da je manja od tržišne. Ovakav oblik financiranja projekta za investitore nose velike rizike, ali i visoku potencijalnu dobit. Problem s ovakvim financiranjem je što nije lako odrediti tržišnu vrijednost nečega što se tek nalazi na početku projekta. Uz to, nisu ni rijetki slučajevi prevare u kojima se ICO koristio samo za prikupljanje određenog broja sredstava, a zatim se nije nastavilo s razvojem projekta, što bi investitore ostavilo s bezvrijednim tokenima. S obzirom da je riječ o novijoj vrsti financiranja, regulatori još uvijek nisu donijeli dobre zakone kojima bi zaštitili investitore u slučaju prevare, pa nije rijetkost da većina ovakvih slučajeva prođe nekažnjeno.

Također, možemo početi govoriti o pojavi tzv. Defi-ja, odnosno kako Daniel Won (2019) navodi decentraliziranih financija, u kojima se pomoću blockchain infrastrukture i pametnih ugovora mogu ugovarati zajmovi, posuđivati novac i trgovati financijskom imovinom.



**Slika 4: Vrijednost ugovora u decentraliziranim financijama**

Izvor: <https://www.exodus.io/blog/what-is-defi/>

Kao što je vidljivo iz slike, decentralizirane financije već imaju veliku primjenu, te se trenutno u raznim zajmovima, ugovorima i sličnim financijskim instrumentima trenutno nalazi preko šesto milijuna dolara, a također postoji izraziti trend rasta, što znači da se može očekivati i daljnji rast ove vrijednosti.

### 3.6.5. Energetski sustav

Kikitamara (2017) navodi da je blockchain pobudio zanimanje i tehnološkog i poslovnog sektora. Prema tome, energetski sektor razmišlja o blockchainu kao budućnosti njihove infrastrukture. Postoje dvije vizije za energetski sustav, zatvoreni model i otvoreni model. Tehnički gledano, zatvoreni model je poput intranet sustava, a otvoreni model je poput internetskog sustava. Kroz svoj decentralizirani mehanizam, blockchain bi mogao omogućiti decentralizirani sustav za prijenos i opskrbu energijom u otvorenom modelu koji bi bio podržan korištenjem Interneta stvari i umjetne inteligencije. U otvorenom modelu postoje međusobno povezani uređaji i interakcije između strojeva, a podaci o transakcijama pohranjuju se na blockchainu.

Blockchain također može omogućiti peer to peer trgovinu električnom energijom. Tako ako neki pojedinac proizvodi više električne energije nego je troši, on taj višak koristeći blockchain tehnologiju i energetsku mrežu može taj višak prodati pojedincu kojemu je potrebna električna energija. Također, pomoću blockchaine je moguće bilježiti sve podatke o transakcijama, količini, cijeni i osobama koje su sudjelovale u tim transakcijama na način da je taj zapis nepromjenjiv, javan i transparentan.

## **4. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE**

### **4.1. Definiranje uzorka**

Empirijsko istraživanje provedeno je putem anketnog upitnika u travnju 2020. godine. Na upitnik je odgovorilo 47 ispitanika, ali nisu se prihvaćali odgovori ispitanika koji nisu upoznati s pojmovima pametnog grada ili blockchain tehnologije. S obzirom da dva ispitanika nisu bila upoznata sa spomenutim pojmovima, prihvaćeno je 45 odgovora.

### **4.2. Metodologija istraživanja**

Empirijski dio istraživanja se proveo putem anketnog upitnika koji služi za dobivanje odgovora o tome je li blockchain perspektivna tehnologija koja može poslužiti u uspješnom razvoju pametnih gradova.

Prvi dio anketnog upitnika se odnosi na opće podatke o ispitaniku, kao što je njegova dob, stupanj obrazovanja i slično.

Drugi dio anketnog upitnika ispitiva ispitanikovo poznavanje materije o pametnim gradovima i blockchainu. Ukoliko ispitanik nije upoznat s tim pojmovima, daljnji odgovori ispitanika ne ulaze u istraživanje.

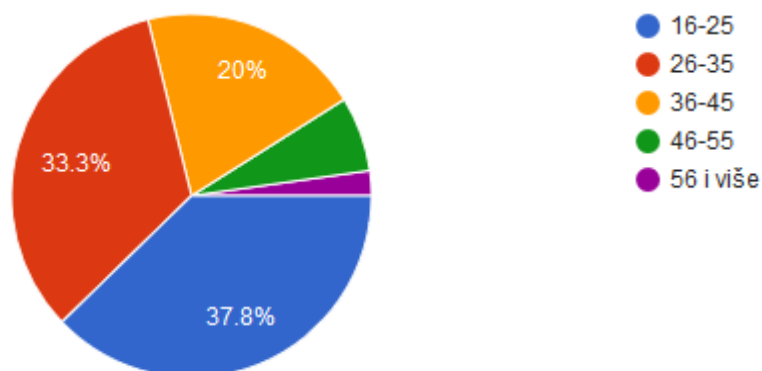
U trećem dijelu se kreće s ispitivanjem hipoteza, te se postavljaju relevantna pitanja kojima se pokušava doći do odgovora na to predstavljaju li decentralizacija i transparentnost ključne prednosti blockchain tehnologije, ispituje se povezanost blockchaina s povjerenjem prema javnim institucijama i sigurnosti rješenja za pametne gradove.

### **4.3. Rezultati i analiza provedenog istraživanja**

Istraživanjem je prikupljeno 45 odgovora ispitanika, a podaci su analizirani u programu za obradu statističkih podataka SPSS.

U koju dobnu skupinu pripadate?

45 responses



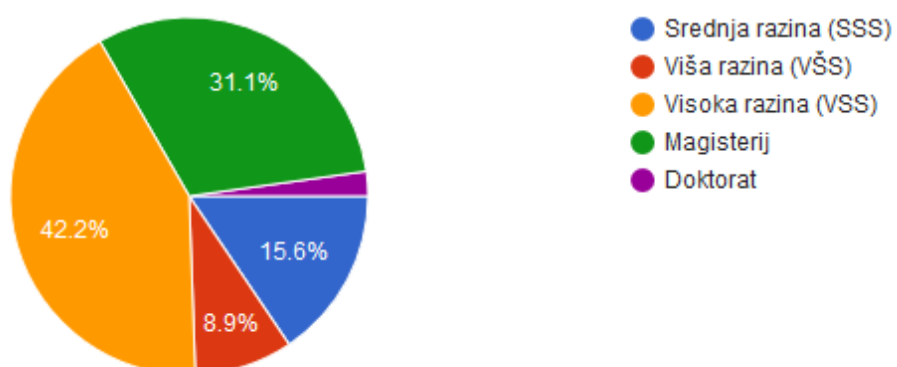
**Slika 5: Dobne skupine ispitanika**

Izvor: Istraživanje autora

Vidljivo je da najveći broj ispitanika ima između 16-25 godina, njih 17, odnosno 37.8 %. Također, od 45 ispitanika, najviše njih ima visoku razinu obrazovanja, njih 19, odnosno 42.2 %, zatim slijede oni s magisterijem, srednjom razinom, višom razinom te jedan ispitanik s doktoratom.

Vaš stupanj obrazovanja je:

45 responses



**Slika 6: Stupanj obrazovanja ispitanika**

Izvor: Istraživanje autora

**Tablica 5: Ispitanici prema dobnim skupinama i razini postignutog obrazovanja**

**U koju dobnu skupinu pripadate? ^ Vaš stupanj obrazovanja je: Crosstabulation**

Count		Vaš stupanj obrazovanja je:					Total
		SSS	VŠS	VSS	Magisterij	Doktorat	
U koju dobnu skupinu pripadate?	16-25	2	0	9	6	0	17
	26-35	2	1	8	4	0	15
	36-45	3	1	1	3	1	9
	46-55	0	2	0	1	0	3
	56 i više	0	0	1	0	0	1
Total		7	4	19	14	1	45

Izvor: Istraživanje autora

U tablici je vidljivo da su u anketi sudjelovale najviše osobe u dobi od 16 do 25 godina, a najviše njih je završilo visoku razinu, zatim magisterij, te srednju stručnu spremu. Po brojnosti zatim slijede ispitanici u dobi 26-35 godina među kojima je najviše osoba također završilo visoku razinu obrazovanja, zatim slijede oni s magisterijom, srednjom stručnom spremom i višom razinom. Ispitanici u dobi 36-45 godina su u jednakom broju završili magisterij i srednju stručnu spremu, po jedan ispitanik iz ove dobne skupine je završio višu razinu, visoku razinu te doktorat. Ispitanici iz dobne skupine od 36-55 godina su najviše završavali višu razinu a zatim magisterij. U zadnjoj skupini se nalazi samo jedan ispitanik koji je završio visoku razinu obrazovanja.

#### **4.4. Testiranje hipoteza**

**H<sub>1</sub>: Blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove**

Sljedeće testiranje vršilo su se pomoću Spermanovog koeficijenta korelacije ranga. Prema Pivac (2010) za izračunavanje ovog koeficijenta potrebno je svakoj vrijednosti varijabli X i Y dodijeliti rang iskazan prvim N prirodnim brojevima. Pri tome se rangiranje može započeti rangom 1, počevši od najmanje vrijednosti obilježja ili po čevši od najveće vrijednosti obilježja. Da bi se ovu hipotezu odbacilo ili ne odbacilo, u obzir su se uzela dva obilježja iz

ankete, odnosno ona obilježja koja se odnose na mišljenje ispitanika o tome da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove i je li blockchain tehnologija nužan faktor u učinkovitom razvoju pametnih gradova.

**Tablica 6: Mišljenje ispitanika o blockchainu kao nužnom faktoru za razvoj pametnih gradova**

**Smatrate li da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove? \* Koliko se slažete sa sljedećom tvrdnjom: Blockchain tehnologija je nužan faktoru učinkovitom razvoju pametnih gradova. Crosstabulation**

Count

		Koliko se slažete sa sljedećom tvrdnjom: Blockchain tehnologija je nužan faktoru učinkovitom razvoju pametnih gradova.					Total
		Ne slažem se	Djelomično se ne slažem	Niti se slažem niti se ne slažem	Djelomično se slažem	U potpunosti se slažem	
Smatrate li da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove?	Da	1	1	3	22	11	38
	Ne	2	0	3	2	0	7
Total		3	1	6	24	11	45

Izvor: Istraživanje autora

Iz tablice je vidljivo da najveći broj ispitanika smatra da blockchain predstavlja tehnologiju koja će se u budućnosti koristiti u pametnim gradovima, a najveći dio ispitanika, njih 33 se u potpunosti ili djelomično slaže da blockchain predstavlja temeljnu tehnologiju koja će se u budućnosti koristiti za razvoj pametnih gradova. Već u samom startu je vidljivo da se glavna hipoteza može prihvatiti kao istinita, no da bi se dodatno potvrdilo nastaviti će se istraživanje putem pomoćnih hipoteza. U tu svrhu postavljaju se pomoćne hipoteze:

$H_{0a}$ :.....Ne postoji ovisnost između mišljenja da blockchain predstavlja temeljnu tehnologiju za razvoj pametnih gradova i činjenice da je blockchain tehnologija nužan faktor razvoja pametnih gradova.

$H_{1a}$ :.....Postoji ovisnost između mišljenja da blockchain predstavlja temeljnu tehnologiju za razvoj pametnih gradova i činjenice da je blockchain tehnologija nužan faktor razvoja pametnih gradova.



**Tablica 7: Spearmanov test korelacije ranga**

Correlations				
			Koliko se slažete sa sljedećom tvrdnjom: Blockchain tehnologija je nužan faktor u učinkovitom razvoju pametnih gradova.	Smatrate li da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove?
Spearman's rho	Koliko se slažete sa sljedećom tvrdnjom: Blockchain tehnologija je nužan faktor u učinkovitom razvoju pametnih gradova.	Correlation Coefficient	1,000	-,463**
		Sig. (2-tailed)	.	,001
		N	45	45
	Smatrate li da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove?	Correlation Coefficient	-,463**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,001	.
		N	45	45

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Izvor: Istraživanje autora

Prema rezultatima iz tablice vidljivo je da je korelacija između mišljenja ispitanika o tome hoće li blockchain predstavljati tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove i o tome da je blockchain nužan faktor učinkovitom razvoju pametnih gradova:  $r^{\wedge} -0,463$ . To znači da postoji srednje jaka negativna korelacija, što znači da linearnom porastu jedne varijable odgovara linearno opadanje druge varijable, ali je povezanost takva da je vrijednost jedne varijable povezana s više vrijednosti druge varijable. S obzirom da je empirijska signifikantnost koeficijenta korelacije približno 0% što je manje od 5%, odbacuje se početna  $H_0$  hipoteza i prihvaća  $H_1$ , odnosno postoji ovisnost između mišljenja da blockchain predstavlja temeljnu tehnologiju za razvoj pametnih gradova i činjenice da je blockchain tehnologija nužan faktor razvoja pametnih gradova.

Provesti samo istraživanje glavne hipoteze kroz SPSS program nije dovoljno da bi se utvrdila njena istinitost, te će se, sukladno tome, nastaviti istraživanje pomoćnih hipoteza, kako bi se kroz njih potvrdila ili opovrgnula istinitost glavne hipoteze.

Kao prva pomoćna hipoteza se postavlja sljedeća hipoteza:

## H<sub>1.1</sub>: Decentralizacija i transparentnost su ključne prednosti blockchain tehnologije

Da bi se testiralo ovu hipotezu, postavljaju se dvije radne hipoteze koje se testiraju.

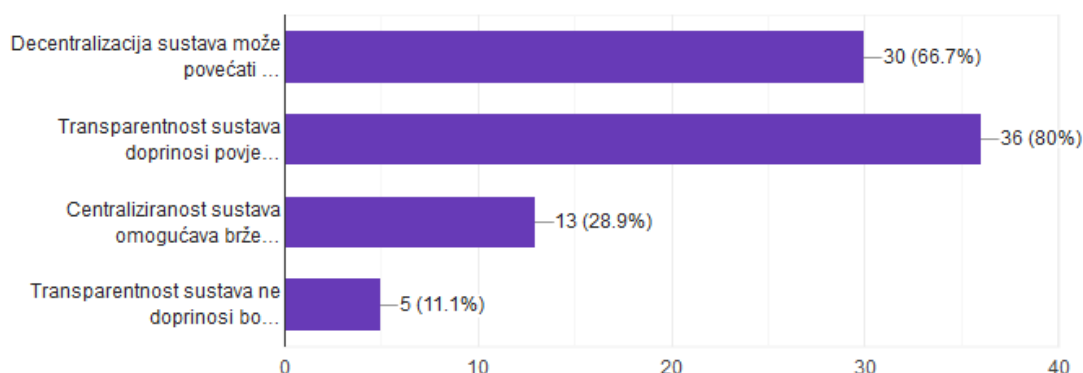
H<sub>0b</sub>:.....Ne postoji ovisnost između decentraliziranog donošenja odluka i transparentnosti kao ključnih prednosti blockchain tehnologije

H<sub>1b</sub>:..... Postoji ovisnost između decentraliziranog donošenja odluka i transparentnosti kao ključnih prednosti blockchain tehnologije

Već iz deskriptivnog dijela ankete, kod višestrukog izbora među odgovorima na postavljeno pitanje, vidljivo je da se ispitanici velikim dijelom slažu da decentralizacija sustava može povećati učinkovitost upravljanja pametnih gradovima (30 ispitanika, ili njih 66,7%), te da transparentnost sustava doprinosi povjerenju građana prema blockchain tehnologijama (36 ispitanika, odnosno njih 80%).

S kojima od sljedećih tvrdnji se slažete?

45 responses



### Slika 7: Ispitivanje mišljenja ispitanika o ponuđenim tvrdnjama

Izvor: Istraživanje autora

Da bi se provelo testiranje, suprotstavljena su dva obilježja iz anketnog upitnika, i to mišljenje ispitanika o tome koji aspekt smatraju ključnom prednošću blockchain tehnologije, te smatraju li da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na donošenje odluka. Dobiveni su rezultati koji su prikazani u nastavku.

## Tablica 8: Mišljenje ispitanika o ključnim prednostima blockchainea i decentraliziranom donošenju odluka

Što od navedenog smatrate ključnom prednošću blockchainea? \* Smatrate li da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na kvalitetu odluka? Crosstabulation

Count		Smatrate li da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na kvalitetu odluka?			Total
		Da	Ne	Djelomično	
Što od navedenog smatrate ključnom prednošću blockchainea?	Sigurnost	4	0	4	8
	Transparentnost	11	1	6	18
	Nepromjenjivost	4	2	5	11
	Decentraliziranost	5	0	2	7
	Privatnost	1	0	0	1
Total		25	3	17	45

Izvor: Istraživanje autora

Iz tablice je vidljivo da većina ispitanika smatraju da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na kvalitetu odluka i smatraju da je transparentnost jedna od ključnih prednosti blockchainea čime se pomoćna hipoteza  $H_{0b}$  odbacuje kao neistinita. Takvim rezultatom dobijamo informaciju da postoji ovisnost između decentraliziranog donošenja odluka i transparentnosti kao ključnih prednosti u razvoju blockchain tehnologija.

Kako bi se kvalitetno provelo istraživanje, postavlja se i sljedeća hipoteza:

### **$H_{1,2}$ : Primjena blockchainea je povezana s povjerenjem prema javnim institucijama**

Kako bismo proveli testiranje navedene hipoteze, postavljamo pomoćne hipoteze, potrebne za usporedbu kroz SPSS program.

$H_{0c}$ :.....Ne postoji ovisnost između povjerenja građana prema javnim institucijama i blockchain tehnologije

$H_{1c}$ :.....Postoji ovisnost između povjerenja građana prema javnim institucijama i blockchain tehnologije

## Tablica 9: Mišljenje ispitanika o transparentnosti i povjerenju prema javnim institucijama

U kojoj mjeri bi transparentnije objavljivanje odluka i postupaka u upravljanju gradovima doprinjelo većem povjerenju građana? ^ Smatrate li da su komunikacija i transparentnost sustava bitne značajke u razvoju pametnih gradova?

Crosstabulation

			Smatrate li da su komunikacija i transparentnost sustava bitne značajke u razvoju pametnih gradova?			Total
			Da	Ne	Djelomično	
U kojoj mjeri bi transparentnije objavljivanje odluka i postupaka u upravljanju gradovima doprinjelo većem povjerenju građana?	Nimalo	Count	0	1	0	1
		Expected Count	,8	,1	,1	1,0
	Malo	Count	1	0	1	2
		Expected Count	1,7	,2	,1	2,0
	Srednje	Count	7	1	1	9
		Expected Count	7,6	,8	,6	9,0
	Puno	Count	23	1	1	25
		Expected Count	21,1	2,2	1,7	25,0
	Potpuno	Count	7	1	0	8
		Expected Count	6,8	,7	,5	8,0
Total	Count	38	4	3	45	
	Expected Count	38,0	4,0	3,0	45,0	

Izvor: Istraživanje autora

Suprostavljena su dva obilježja iz anketnog upitnika, i to mišljenje ispitanika o komunikaciji i transparentnosti kao značajkama u razvoju pametnih gradova te mišljenje o tome u kojoj mjeri bi transparentnost doprinjela većem povjerenju građana. Dobiveni rezultati su prikazani u sljedećoj tablici.

**Tablica 10: Spearmanov test korelacije ranga**

Correlations				
			Smatrate li da su komunikacija i transparentnost sustava bitne značajke u razvoju pametnih gradova?	U kojoj mjeri bi transparentnije objavljivanje odluka i postupaka u upravljanju gradovima doprinjelo većem povjerenju građana?
Spearman's rho	Smatrate li da su komunikacija i transparentnost sustava bitne značajke u razvoju pametnih gradova?	Correlation Coefficient	1,000	-,270
		Sig. (2-tailed)	.	,073
		N	45	45
	U kojoj mjeri bi transparentnije objavljivanje odluka i postupaka u upravljanju gradovima doprinjelo većem povjerenju građana?	Correlation Coefficient	-,270	1,000
		Sig. (2-tailed)	,073	.
		N	45	45

Izvor: Istraživanje autora

Prema rezultatima iz tablice vidljivo je da je korelacija između mišljenja ispitanika o tome smatraju li da su komunikacija i transparentnost bitne značajke u razvoju pametnih gradova:  $r = -0,270$ . To znači da postoji srednje jaka negativna korelacija, što znači da lineranom porastu jedne varijable odgovara linearno opadanje druge varijable, ali je povezanost takva da da je vrijednost jedne varijable povezana s više vrijednosti druge varijable. S obzirom da je empirijska signifikantnost koeficijenta korelacije 7,3% što je više od 5%, prihvaća se  $H_{0c}$  hipoteza i odbacuje  $H_{1c}$ , odnosno ne postoji ovisnost između povjerenjem građana prema javnim institucijama i blockchain tehnologije čime se pomoćna hipoteza  $H_{0c}$  prihvaća kao istinita.

Treća, ujedno i posljednja hipoteza potreban da bi se testirala nulta (glavna) hipoteza glasi:

**$H_{1,3}$ : Blockchain može povećati sigurnost rješenja za pametne gradove**

Kako bismo proveli testiranje navedene hipoteze, postavljamo sljedeće pomoćne hipoteze.

$H_{0d}$ :.....Ne postoji ovisnost između sigurnosti rješenja za pametne gradove i blockchain tehnologije

$H_{1d}$ :.....Postoji ovisnost između sigurnosti rješenja za pametne gradove i blockchain tehnologije

**Tablica 11: Prikaz mišljenja o sigurnosti blockchaina**

**Smatrate li da su podaci koji se nalaze na blockchainu sigurni od neovlaštenog pristupa? \* Smatrate li da korištenje blockchain tehnologije smanjuje mogućnost malverzacije podacima? Crosstabulation**

			Smatrate li da korištenje blockchain tehnologije smanjuje mogućnost malverzacije podacima?			Total
			Da	Ne	Djelomično	
Smatrate li da su podaci koji se nalaze na blockchainu sigurni od neovlaštenog pristupa?	Da	Count	21	0	3	24
		Expected Count	16,0	1,1	6,9	24,0
	Ne	Count	2	1	1	4
		Expected Count	2,7	,2	1,2	4,0
	Djelomično	Count	7	1	9	17
		Expected Count	11,3	,8	4,9	17,0
Total	Count	30	2	13	45	
	Expected Count	30,0	2,0	13,0	45,0	

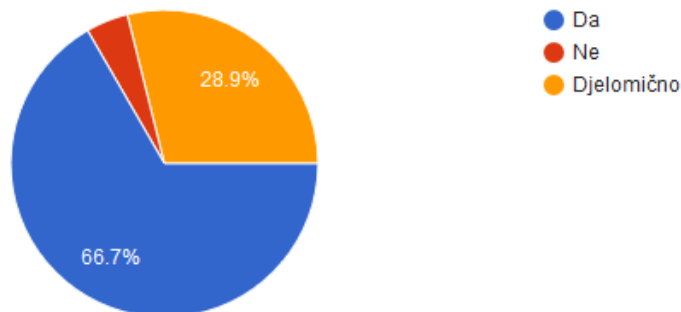
Izvor: Istraživanje autora

Iz prethodne tablice je vidljivo da većina ispitanika smatra da su podaci na blockchainu sigurni od neovlaštenog pristupa te da korištenje te tehnologije smanjuje mogućnost malverzacije podacima. Prema tome se pomoćna hipoteza  $H_{0d}$  odbacuje kao neistinita. Takvim rezultatom testa dobijamo informaciju da postoji ovisnost između upotrebe blockchain tehnologije i sigurnosti rješenja za pametne gradove.

Iz sljedećeg grafa također je vidljivo da većina ispitanika, odnosno 66,7% ispitanika, smatra blockchain tehnologijom koja može smanjiti mogućnost malverzacije podacima čime se čuva integritet podataka i onemogućuju neželjene promjene i njihova manipulacija.

Smatrate li da korištenje blockchain tehnologije smanjuje mogućnost malverzacije podacima?

45 responses

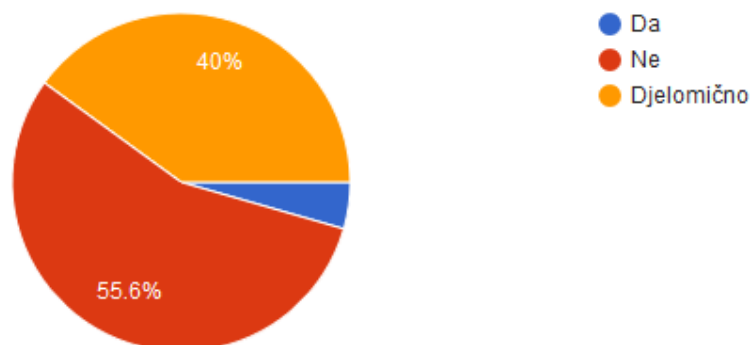


**Slika 8: Mišljenja ispitanika o sigurnosti blockchaina**

Izvor: Istraživanje autora

Smatrate li da su trenutni sustavi za prikupljanje podataka dovoljno zaštićeni?

45 responses



**Slika 9: Mišljenja ispitanika o sigurnosti postojećih sustava**

Izvor: Istraživanje autora

Također je vidljivo da većina ispitanika smatra trenutne sustave za prikupljanje podataka nedovoljno sigurnima. Tek mali postotak, 4,4% ispitanika smatra trenutne sustave dovoljno sigurnima.

U sljedećim tablicama će se dodatno potvrditi ispravnost ispitanih podataka.

**Tablica 12: Mišljenje ispitanika o blockchainu kao temelju za izgradnju rješenja za pametne gradove**

**Smatrate li da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	38	84,4	84,4	84,4
Ne	7	15,6	15,6	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Iz tablice je vidljivo da većina ispitanika smatra da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti predstavljati temelj za izgradnju pametnih gradova, njih čak 38, dok tek 7 ispitanika smatra da neće.

U sljedećoj tablici je moguće vidjeti što su ispitanici odabrali kao ključnu prednost blockchain tehnologije. Kao ponuđene opcije bile su dostupne sigurnost, transparentnost, nepromjenjivost, decentraliziranost, te privatnost.

**Tablica 13: Prikaz mišljenja ispitanika o ključnim prednostima blockchaina**

**Što od navedenog smatrate ključnom prednošću blockchaina?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Sigurnost	8	17,8	17,8	17,8
Transparentnost	18	40,0	40,0	57,8
Nepromjenjivost	11	24,4	24,4	82,2
Decentraliziranost	7	15,6	15,6	97,8
Privatnost	1	2,2	2,2	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Iz tablice je vidljivo da je najveći broj ispitanika, njih 18, kao ključnu prednost istaknulo transparentnost, zatim slijedi nepromijenjivost sa 11 odgovora, sigurnost sa 8 odgovora, decentraliziranost sa 7, te privatnost sa jednim odgovorom.

U sljedećoj tablici moguće je vidjeti što ispitanici smatraju o centraliziranom donošenju odluka, odnosno može li takav način upravljanja doprinijeti brzini i učinkovitosti pri donošenju odluka.



**Tablica 14: Mišljenje ispitanika o učinkovitosti centraliziranog upravljanja**

**Smatrate li centralizirano upravljanje može doprinijeti učinkovitijem i bržem donošenju odluka?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	14	31,1	31,1	31,1
Ne	10	22,2	22,2	53,3
Djelomično	21	46,7	46,7	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Vidljivo je da se velika većina ispitanika samo djelomično slaže s time, njih 21, odnosno 46,7%, 14 ispitanika smatra da takav način donošenja odluka doprinosi učinkovitijem i bržem donošenju odluka, a 10 ispitanika se ne slaže s takvom tvrdnjom.

U sljedećoj tablici se može vidjeti što ispitanici smatraju o uklanjanju posrednika pri donošenju odluka. Takav način donošenja odluka jedna je od odlika blockchain tehnologije.

**Tablica 15: Mišljenje ispitanika o donošenju odluka bez uključivanja posrednika**

**Smatrate li da uklanjanje posrednika može doprinijeti učinkovitijem i bržem donošenju odluka?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	32	71,1	71,1	71,1
Ne	2	4,4	4,4	75,6
Djelomično	11	24,4	24,4	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Vidljivo je da velika većina ispitanika smatra da uklanjanje posrednika poboljšava učinkovitost i brzinu donošenja odluka, odnosno 32 ispitanika od ukupno 45. Zatim 11 ispitanika se djelomično slaže s tom tvrdnjom, a tek 2 ispitanika su negativno odgovorila na ovo anketno pitanje.

**Tablica 16: Mišljenje ispitanika o utjecaju decentraliziranog upravljanja na kvalitetu odluka**

**Smatrate li da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na kvalitetu odluka?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	25	55,6	55,6	55,6
Ne	3	6,7	6,7	62,2
Djelomično	17	37,8	37,8	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

U prethodnoj tablici su vidljivi podaci o odgovorima ispitanika na to smatraju li da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na kvalitetu odluka. Vidljivo je da se 25 ispitanik slaže s tom tvrdnjom, ne slaže ih se 3, a 17 ispitanika se djelomično slaže s tom tvrdnjom.

U sljedećoj tablici se ispitalo mišljenje ispitanika o dosadašnjoj komunikaciji javne uprave s građanima.

**Tablica 17: Mišljenje ispitanika o komunikaciji javne uprave s građanima**

**Jeste li mišljenja da javne institucije u dosadašnjem upravljanju gradovima ostvaruju dovoljnu komunikaciju s građanima?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	6	13,3	13,3	13,3
Ne	31	68,9	68,9	82,2
Djelomično	8	17,8	17,8	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Vidljivo je da većina ispitanika ne smatra da javne institucije ostvaruju dovoljnu komunikaciju s građanima, pa je tako 31 ispitanik na to pitanje odgovorio sa negativnim odgovorom, 6 ispitanika se slaže da javne institucije ostvaruju dovoljnu komunikaciju s građanima, a djelomično se slaže 8 ispitanika.

Sljedeća tablica se odnosi na mišljenje građana o tome koliko bi povećana transparentnost i bolji protok informacija između javne uprave i građana utjecali na povjerenje građana prema javnim institucijama.

**Tablica 18: Mišljenje ispitanika o utjecaju transparentnosti u komunikaciji na povjerenje građana prema javnoj upravi**

**U kojoj mjeri bi transparentnije objavljivanje odluka i postupaka u upravljanju gradovima doprinjelo većem povjerenju građana?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Nimalo	1	2,2	2,2	2,2
Malo	2	4,4	4,4	6,7
Srednje	9	20,0	20,0	26,7
Puno	25	55,6	55,6	82,2
Potpuno	8	17,8	17,8	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Većina ispitanika smatra da bi transparentnije objavljivanje od strane javne uprave puno utjecalo na povjerenje građana, njih 25, zatim slijedi srednje, na što je odgovorilo 9 ispitanika, potpuno je odgovorilo 8 ispitanika, malo tek 2, a nimalo 1 ispitanik.

Sljedeća tablica prikazuje mišljenje ispitanika o važnosti komunikacije i transparentnosti u razvoju pametnih gradova.

**Tablica 19: Mišljenje ispitanika o značaju komunikacije i transparentnosti u razvoju pametnih gradova**

**Smatrate li da su komunikacija i transparentnost sustava bitne značajke u razvoju pametnih gradova?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	38	84,4	84,4	84,4
Ne	4	8,9	8,9	93,3
Djelomično	3	6,7	6,7	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Potvrдно je odgovorilo 38 ispitanika, odnosno čak 84,4%, 4 ispitanika ne smatraju da su to bitne značajke u razvoju pametnih gradova, a 3 ispitanika se djelomično slažu.

U sljedećoj tablici su prikazani mišljenja ispitanika o sigurnosti blockchaina kao tehnologije, odnosno zaštićenosti podataka od neovlaštenog pristupa.

**Tablica 20: Mišljenje ispitanika o sigurnosti blockchaina za pohranu podataka**

**Smatrate li da su podaci koji se nalaze na blockchainu sigurni od neovlaštenog pristupa?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	24	53,3	53,3	53,3
Ne	4	8,9	8,9	62,2
Djelomično	17	37,8	37,8	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Većina ispitanika smatra da su podaci koji se nalaze na blockchainu zaštićeni od neovlaštenog pristupa, njih 24. Ne slaže ih se 4, a 17 ispitanika se djelomično slaže.

Sljedeće pitanje postavljeno ispitanicima se također odnosilo na sigurnost sustava, ovaj put na sustave za prikupljanje podataka koji se trenutno koriste.

**Tablica 21: Mišljenje ispitanika o sigurnosti trenutnih sustava za prikupljanje podataka**

**Smatrate li da su trenutni sustavi za prikupljanje podataka dovoljno zaštićeni?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	2	4,4	4,4	4,4
Ne	25	55,6	55,6	60,0
Djelomično	18	40,0	40,0	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

U tablici je vidljivo da 25 ispitanika ne smatra trenutne sustave za prikupljanje podataka dovoljno sigurnima i zaštićenima, 18 ih smatra djelomično zaštićenima, a tek 2 ispitanika trenutne sustave za prikupljanje podataka smatra dovoljno sigurnima.

Sljedeće anketno pitanje se odnosilo na mišljenje ispitanika o tome smatraju li da blockchain tehnologija smanjuje mogućnost malverzacije podacima.

**Tablica 22: Mišljenje ispitanika o utjecaju blockchaina na mogućnost malverzacije podataka**

**Smatrate li da korištenje blockchain tehnologije smanjuje mogućnost malverzacije podacima?**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Da	30	66,7	66,7	66,7
Ne	2	4,4	4,4	71,1
Djelomično	13	28,9	28,9	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

U tablici je vidljivo da je 30 ispitanika na to pitanje odgovorilo sa da, odnosno 66,7%. Negativno je odgovorilo 2 ispitanika, a djelomično 13 ispitanika.

U sljedećoj tablici su vidljivi odgovori ispitanika o tome smatraju li blockchain nužnim u razvoju pametnih gradova.

**Tablica 23: Mišljenje ispitanika o blockchainu kao tehnologiji nužnoj za razvoj pametnih gradova**

**Koliko se slažete sa sljedećom tvrdnjom: Blockchain tehnologija je nužan faktor u učinkovitom razvoju pametnih gradova.**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Ne slažem se	3	6,7	6,7	6,7
Djelomično se ne slažem	1	2,2	2,2	8,9
Niti se slažem niti se ne slažem	6	13,3	13,3	22,2
Djelomično se slažem	24	53,3	53,3	75,6
U potpunosti se slažem	11	24,4	24,4	100,0
Total	45	100,0	100,0	

Izvor: Istraživanje autora

Vidljivo je da se većina ispitanika, odnosno njih 24, djelomično slaže s tom tvrdnjom, 11 ispitanika se u potpunosti slaže s tom tvrdnjom, 6 ispitanika se niti ne slaže niti slaže, 1 ispitanik se djelomično ne slaže, a 4 ispitanika se u potpunosti ne slažu s tom tvrdnjom.

## 5. ZAKLJUČAK

Razvoj gradova kroz povijest uvelike je ovisio o razvoju tehnologije. Tehnološkim napretkom omogućilo se poboljšavanje kvalitete života, produživanje životnog vijeka, kvalitetnija prehrana i bolja infrastruktura gradova. Gradovi se još uvijek nisu prestali razvijati, moguće je reći da se razvijaju brže nego ikada, a povezanost gradova i tehnologije nikada nije bila veća.

Blockchain je još uvijek nova tehnologija i nisu otkrivene sve aplikacije ove tehnologije. Šira upotreba ove tehnologije zasigurno neće zaživjeti još duži niz godina, vjerojatno čak i više desetaka godina, s obzirom da se radi o potpuno novom načinu razmišljanja i strukturi sustava. Često se govori o ovoj vrsti tehnologije kao revolucionarnoj, s obzirom da se mijenja način na koji se donose odluke, prikupljaju i skladište podaci i sl. Blockchain nesumnjivo ima mnogo potencijala i područje primjene ove tehnologije može zaista biti široko, te je zato potrebno kontinuirano znanstveno istraživanje i razvoj ove tehnologije.

Iako postoje primjeri gradova koji su ovu tehnologiju djelomično integrirali u svoju infrastrukturu, spoj blockchaina i pametnih gradova još uvijek nije u potpunosti ispitan u praksi, te još uvijek postoje velike nedoumice i pitanja oko primjene ove tehnologije u te svrhe.

Iako postoje brojni problemi s kojima se gradovi susreću također se pojavljuju i brojna rješenja za te probleme. Provedenim istraživanjem pokazalo se da brojni ispitanici smatraju da je blockchain tehnologija jedno od rješenja za probleme gradova. Postoje jasne prednosti koje ova tehnologija posjeduje za razvoj pametnih gradova koje uvelike nadmašuju mane. Blockchain čuva integritet podataka, povećava njihovu sigurnost, transparentnost i očuvanost, te minimizira mogućnost manipulacije. Činjenica je da građani još uvijek nemaju potpuno povjerenje ni u javne institucije ni tehnologiju koja se trenutno koristi, te rješenje za to vide u transparentnosti i decentraliziranosti blockchaina. Postavlja se pitanje o tome zadovoljava li trenutna tehnološka infrastruktura sve zahtjeve koji građane čekaju u budućnosti i je li integracija blockchaina ispravno rješenje. Većina ispitanika u provedenom istraživanju smatra blockchain nužnim za razvoj pametnih gradova, te tu tehnologiju i njen poratni sadržaj vide kao temelj gradova u budućnosti. Prema tome se može zaključiti da gradove čeka decentraliziranija i transparentnija budućnost od trenutne.

## 6. SAŽETAK

Pametni gradovi i blockchain budućnost su potencijalnih tehnoloških rješenja za probleme s kojima će se društvo i građani susretati ili se već susreću. U radu se istražuju i teorijski opisuju pojmovi pametnih gradova i blockchain tehnologije, te se istražuju potencijalne primjene blockchaine u pametnim gradovima. U empirijskom dijelu rada provodi se istraživanje u kojem se ispituje mišljenje 45 ispitanika o pametnim gradovima i blockchainu, odnosno o tome ima li blockchain potencijal u razvoju pametnih gradova, koje su ključne prednosti blockchain tehnologije, te utjecaj blockchaine na povjerenje prema javnim institucijama i sigurnost podataka. Teorijska obrada i empirijsko istraživanje problematike ukazuju na to da je blockchain vrlo dobro rješenje na kojem će se bazirati pametni gradovi u budućnosti, dok su trenutna rješenja nedovoljno sigurna, previše su centralizirana i podložna su manipulaciji postojećih podataka čime se narušava integritet sustava.

Ključne riječi: pametni grad, blockchain, decentralizacija

## 7. SUMMARY

Smart cities and blockchain are the future of potential technological solutions to problems that society and citizens will face or are already facing. The paper investigates and theoretically describes the concepts of smart cities and blockchain technology, and investigates potential applications of blockchain in smart cities. In the empirical part of the paper, a survey is conducted in which the opinion of 45 respondents is taken on smart cities and blockchain, and whether blockchain has potential in the development of smart cities, what are the key advantages of blockchain technology, and the impact of blockchain on trust in public institutions and data security. Theoretical and empirical research of the problem indicate that blockchain is a very good solution on which smart cities will be based in the future, while current solutions are insufficiently secure, too centralized and subject to manipulation of existing data, which violates system integrity.

Key words: smart city, blockchain, decentralization

## 8. LITERATURA

1. Al-Ali, A.R., Zualkernan, I. i Aloul, F. (2010): A mobile GPRS-sensors array for air pollution monitoring, *IEEE Sensors J.*, vol.10, no.10, str.1666–1671.
2. Albino, V., Berardi, U. i Dangelico, R.M. (2015): Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of urban technology*, 22(1), str. 3-21.
3. Alonso, R., Dessein, W. i Matouschek, N. (2008): When does coordination require centralization?. *American Economic Review*, 98(1), str.145-79.
4. Ashton, K. (2009): That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, 22(7), str. 97-114.
5. Bashir, I. (2018): *Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained*. Packt Publishing Ltd.
6. Beck, R., Müller-Bloch, C., i King, J. L. (2018): Governance in the blockchain economy: A framework and research agenda. *Journal of the Association for Information Systems*, 19(10), str. 1020-1034.
7. Biswas, K., Muthukkumarasamy, V. (2016): *Securing Smart Cities Using Blockchain Technology*. *IEEE 14th International Conference on Smart Cities*, str. 1392-1393.
8. Chourabi et al. (2012.): *Understanding Smart Cities: An Integrative Framework*, IEEE, In the 45th Hawaii International Conference on System Sciences, str. 2289–2297
9. De Filippi, P. (2016): The interplay between decentralization and privacy: the case of blockchain technologies. *Journal of Peer Production*, Issue, (7).
10. Ebrahim, Z., i Irani, Z. (2005): E-government adoption: Architecture and barriers. *Business Process Management Journal*, 11(5), str. 589-611.
11. Elmaghraby, A.S. i Losavio, M.M. (2014): Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy. *Journal of advanced research*, 5(4), str.491-497.
12. Gatteschi, V., Lamberti, F., Demartini, C., Pranteda, C. i Santamaria, V. (2018): To blockchain or not to blockchain: That is the question. *IT Professional*, 20(2), str. 62-74.
13. Gervais, A. et al. (2016): On the security and performance of proof of work blockchains, u *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security*. ACM, str. 3-16.
14. Gil-García, J. R., i Pardo, T. A. (2005): E-government success factors: Mapping practical tools to theoretical foundations. *Government Information Quarterly*, 22(2), str. 187-216.



15. Golosova, J. i Romanovs, A. (2018): The advantages and disadvantages of the blockchain technology. In 2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE,) str. 1-6.
16. Guegan, D., 2017. Public blockchain versus private blockchain.
17. Haber, S. i Stornetta (1991): How to Time-Stamp a Digital Document, W.S. J. Cryptology, dostupno na: <https://doi.org/10.1007/BF00196791>
18. Harrison et al. (2010.): Foundations for Smarter Cities. IBM Journal of Research and Development, 54, str.1-16.
19. Ibba, S., Pinna, A., Seu, M. and Pani, F.E. (2017): CitySense: blockchain-oriented smart cities. In Proceedings of the XP2017 Scientific Workshops, str. 1-5.
20. Joh, E. E. (2019): Policing the smart city. International Journal of Law in Context, 15(2), str. 177-182.
21. Johnson, B. (2008): Cities, systems of innovation and economic development. Innovation: Management, Policy & Practice, 10(2-3), str. 146-155.
22. Kamilaris, A., Fonts, A., i Prenafeta-Boldó, F. X. (2019): The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. Trends in Food Science & Technology. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418303686>
23. Kastner, W., Neugschwandtner, G., Soucek, S. i Newmann, H. M. (2005): Communication systems for building automation and control, in Proc. IEEE, vol. 93, no. 6, str. 1178–1203.
24. Kikitamara S. (2017): Digital Identity Management on Blockchain for Open Model Energy System, Radboud University
25. Kim, K., i Kang, T. (2017): Does Technology Against Corruption Always Lead to Benefit? The Potential Risks and Challenges of the Blockchain Technology. OECD's Anti-Corruption and Integrity Forum. Dostupno na: <https://www.oecd.org/cleangovbiz/Integrity-Forum-2017-Kim-Kang-blockchain-technology.pdf>.
26. Kitchin, R., (2014): The real-time city? Big data and smart urbanism. GeoJournal, 79(1), str.1-14.
27. Kshetri, N i Voas, J. (2018): Blockchain in Developing Countries, IEEE IT Professional, 20(2), str. 11-14. Dostupno na: <https://doi.org/10.1109/MITP.2018.021921645>
28. Kushch, S., Ranise, S., i Sciarretta, G. (2019): Blockchain Tree for eHealth. Dostupno na: <https://arxiv.org/abs/1908.04613>

29. Lee, S., Yoon, D. i Ghosh, A. (2008): Intelligent parking lot application using wireless sensor networks, in Proc. Int. Symp. Collab. Technol. Syst., Chicago, str. 48–57.
30. Li, X. et al. (2009): Performance evaluation of vehicle-based mobile sensor networks for traffic monitoring, IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 58, no. 4, str. 1647–1653.
31. Liang, X., et al., (2017): Prochain: A blockchain-based data provenance architecture in cloud environment with enhanced privacy and availability, u Proceedings of the 17th IEEE/ACM international symposium on cluster, cloud and grid computing, IEEE Press, str. 468-477.
32. Linn L.A. i Koo M.B. (2016.): Blockchain For Health Data and Its Potential Use in Health IT and Health Care Related Research, Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop
33. Lynch, J. P. i Kenneth J. L.(2006): A summary review of wireless sensors and sensor networks for structural health monitoring, Shock and Vibration Digest, vol. 38, no. 2, str. 91–130.
34. Liu, S., (2019): Total number of blockchain patent applications worldwide from 2008 to 2019. Dostupno na: <https://www.statista.com/statistics/1015478/worldwide-blockchain-patent-applications/>
35. Lazaroiu, G.C. i Roscia, M. (2012). Definition methodology for the smart cities model. Energy, 47(1), str.326-332.
36. Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., Hanappe, P. i Steels, L.(2009): Citizen noise pollution monitoring, In Proc.10thAnnu.Int.Conf.Digital Gov.Res.:Soc.Netw.: MakingConnec.BetweenCitizens, DataGov., str. 96–103.
37. MohammadZadeh, F., et al. (2019): DMap: A Distributed Blockchain-based Framework for Online Mapping in Smart City. Dostupno na: <https://arxiv.org/abs/1908.06414>
38. Mohan, C. (2019): State of public and private blockchains: Myths and reality. In Proceedings of the 2019 International Conference on Management of Data (pp. 404-411).
39. Monzon, A. (2015): Smart cities concept and challenges: Bases for the assessment of smart city projects. In 2015 international conference on smart cities and green ICT systems (SMARTGREENS), IEEE Press, str. 1-11.
40. Nakamoto S. (2008.): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, Dostupno na: <https://nakamotoinstitute.org/bitcoin/#selection-7.4-9.39>

41. Năsulea, C., i Mic, S. M. (2018): Using Blockchain as a Platform for Smart Cities. *Journal of E-Technology*, 9(2), str. 37.
42. Nguyen, D. et al. (2019): Integration of Blockchain and Cloud of Things: Architecture, Applications and Challenges. Dostupno na: <https://arxiv.org/abs/1908.09058>
43. Nuortio, T., Kytöjoki, J., Niska, H., i Bräysy O. (2006): Improved route planning and scheduling of waste collection and transport, *Expert Syst. Appl.*, vol. 30, no. 2, str. 223–232.
44. Pinna, A., et al. (2018): A petri nets model for blockchain analysis. *The Computer Journal*, 61(9), str. 1374-1388.
45. Pivac, S., 2010., Statističke metode, e-nastavni materijal, EFST, Split
46. Pournaras, E. (2019): Proof of Witness Presence: Blockchain Consensus for Augmented Democracy in Smart Cities. Dostupno na: <https://arxiv.org/abs/1907.00498>
47. Routray S.K., Sarangi S.K., Javali A. (2019): Smart Cities: The Hopes and Hype. Dostupno na: <https://arxiv.org/abs/1907.05702>
48. Sankar, L.S., Sindhu, M. i Sethumadhavan, M. (2017): Survey of consensus protocols on blockchain applications. In 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, str. 1-5. IEEE.
49. Seang, S. i Torre, D. (2018): Proof of Work and Proof of Stake consensus protocols: a blockchain application for local complementary currencies. France: Universite Cote d'Azur-GREDEG-CNRS. str. 3-4.
50. Shibata, N. (2019): Blockchain Consensus Formation while Solving Optimization Problems. Dostupno na: <https://arxiv.org/pdf/1908.01915>
51. Shrier, D., Wu, W. i Pentland, A. (2016): Blockchain & infrastructure (identity, data security). *Massachusetts Institute of Technology-Connection Science*, 1(3), str.1-19.
52. Singh, G. (2018): A Chimera Called “Smart Cities”. *The Urban Planet: Knowledge Towards Sustainable Cities*, 368.
53. Swan, M. (2015): *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
54. Swanson, T. (2014): *Great chain of numbers: A guide to smart contracts, smart property and trustless asset management*. Amazon Digital Services.
55. Tapscott, A. i Tapscott, D. (2017): How blockchain is changing finance. *Harvard Business Review*, 1(9), str. 2-5.

56. Tschorsch, F. i Scheuermann B. (2016): Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 18 (3), str. 2084–2123,
57. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L. i Zorzi, M. (2014): Internet of things for smart cities. IEEE Internet of Things journal, 1(1), str.22-32.
58. Zelenika, R. (1998): Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela. Rijeka: Ekonomski fakultet u Rijeci.
59. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. and Wang, H. (2017): An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In 2017 IEEE international congress on big data, str. 557-564.
60. Yuan Y., Wang F.Y. (2016): Towards blockchain-based intelligent transportation systems, IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems.
61. Washburn et al. (2010). Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO. Cambridge, Forrester Research, Dostupno na: [http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smart\\_erplanet/forr\\_help\\_cios\\_und\\_smart\\_city\\_initiatives.pdf](http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smart_erplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf)
62. Werbach, K. (2018): The blockchain and the new architecture of trust. Mit Press.
63. Won, D. (2019): The Definitive Guide to DeFi (Decentralized Finance). Exodus Blog. Dostupno na: <https://www.exodus.io/blog/what-is-defi/>
64. Winter T. (2018): The Advantages and Challenges of the Blockchain for Smart Grids
65. Ølnes S., Ubacht J. i Janssen M. (2017): Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing. Government Information Quarterly, str. 355-364
66. Xia, F., Yang, L.T., Wang, L. i Vinel, A. (2012): Internet of things. International journal of communication systems, 25(9), str.1101.
67. Xie, J., Tang, H., Huang, T., Yu, F.R., Xie, R., Liu, J. and Liu, Y. (2019): A survey of blockchain technology applied to smart cities. Research issues and challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 21(3), str. 2794-2830.

## **Popis tablica i slika**

### **Tablica 1: Dimenzije pametnih gradova**

**Tablica 2: Izazovi i strategije u organizaciji pametnih gradova**

**Tablica 3: Dimenzije i izazovi tehnologije u pametnim gradovima**

**Tablica 4: Dimenzije i izazovi u infrastrukturi pametnih gradova**

**Tablica 5: Ispitanici prema dobnim skupinama i razini postignutog obrazovanja**

**Tablica 6: Mišljenje ispitanika o blockchainu kao nužnom faktoru za razvoj pametnih gradova**

**Tablica 7: Spearmanov test korelacije ranga**

**Tablica 8: Mišljenje ispitanika o transparentnosti i povjerenju prema javnim institucijama**

**Tablica 9: Mišljenje ispitanika o transparentnosti i povjerenju prema javnim institucijama**

**Tablica 10: Spearmanov test korelacije ranga**

**Tablica 11: Prikaz mišljenja o sigurnosti blockchaina**

**Tablica 12: Mišljenje ispitanika o blockchainu kao temelju za izgradnju rješenja za pametne gradove**

**Tablica 13: Prikaz mišljenja ispitanika o ključnim prednostima blockchaina**

**Tablica 14: Mišljenje ispitanika o učinkovitosti centraliziranog upravljanja**

**Tablica 15: Mišljenje ispitanika o donošenju odluka bez uključivanja posrednika**

**Tablica 16: Mišljenje ispitanika o utjecaju decentraliziranog upravljanja na kvalitetu odluka**

**Tablica 17: Mišljenje ispitanika o komunikaciji javne uprave s građanima**

**Tablica 18: Mišljenje ispitanika o utjecaju transparentnosti u komunikaciji na povjerenje građana prema javnoj upravi**

**Tablica 19: Mišljenje ispitanika o značaju komunikacije i transparentnosti u razvoju pametnih gradova**

**Tablica 20: Mišljenje ispitanika o sigurnosti blockchaina za pohranu podataka**

**Tablica 21: Mišljenje ispitanika o sigurnosti trenutnih sustava za prikupljanje podataka**

**Tablica 22: Mišljenje ispitanika o utjecaju blockchaina na mogućnost malverzacije podataka**

**Tablica 23: Mišljenje ispitanika o blockchainu kao tehnologiji nužnoj za razvoj pametnih gradova**

**Slika 1: Integracija čimbenika pametnog grada**

**Slika 2: Arhitektura blockchaina**

**Slika 3: Vrste blockchaina**

**Slika 4: Vrijednost ugovora u decentraliziranim financijama**

**Slika 5: Dobne skupine ispitanika**

**Slika 6: Stupanj obrazovanja ispitanika**

**Slika 7: Ispitivanje mišljenja ispitanika o ponuđenim tvrdnjama**

**Slika 8: Mišljenja ispitanika o sigurnosti blockchaina**

**Slika 9: Mišljenja ispitanika o sigurnosti postojećih sustava**

## **Prilozi**

Anketni upitnik

U koju dobnu skupinu pripadate?

- 16-25
- 26-35
- 36-45
- 46-55
- 56 i više

Vaš stupanj obrazovanja je:

- Srednja razina (SSS)
- Viša razina (VŠS)
- Visoka razina (VSS)
- Magisterij
- Doktorat

Jeste li upoznati s pojmom blockchain tehnologija?

- Da
- Ne

Jeste li upoznati sa pojmom pametni gradovi?

- Da
- Ne

Smatrate li da blockchain predstavlja tehnologiju koja će u budućnosti služiti kao temelj za izgradnju rješenja za pametne gradove?

- Da
- Ne

S kojima od sljedećih tvrdnji se slažete?

- Decentralizacija sustava može povećati učinkovitost upravljanja pametnim gradovima.
- Transparentnost sustava doprinosi povjerenju građana.
- Centraliziranost sustava omogućava brže donošenje odluka.
- Transparentnost sustava ne doprinosi boljem javnom upravljanju.

Što od navedenog smatrate ključnom prednošću blockchainea?

- Sigurnost
- Transparentnost
- Nepromjenjivost
- Decentralizacija
- Privatnost

Smatrate li centralizirano upravljanje može doprinijeti učinkovitijem i bržem donošenju odluka?

- Da
- Ne
- Djelomično

Smatrate li da uklanjanje posrednika može doprinijeti učinkovitijem i bržem donošenju odluka?

- Da

- Ne
- Djelomično

Smatrate li da decentralizirano donošenje odluka može pozitivno utjecati na kvalitetu odluka?

- Da
- Ne
- Djelomično

Jeste li mišljenja da javne institucije u dosadašnjem upravljanju gradovima ostvaruju dovoljnu komunikaciju s građanima?

- Da
- Ne
- Djelomično

U kojoj mjeri bi transparentnije objavljivanje odluka i postupaka u upravljanju gradovima doprinjelo većem povjerenju građana?

- Nimalo
- Malo
- Srednje
- Puno
- Potpuno

Smatrate li da su komunikacija i transparentnost sustava bitne značajke u razvoju pametnih gradova?

- Da
- Ne
- Djelomično

Na koje od sljedećih pojava u društvu razvoj blockchain tehnologije može utjecati?

- Smanjenje korupcije
- Smanjenje dezinformiranosti
- Smanjenje neetičkog ponašanja u javnim institucijama
- Smanjenje vandalizma
- Povećanje sigurnosti podataka
- Razvoj tehnologija
- Podizanje razine svijesti o ekologiji
- Povećanje transparentnosti

Smatrate li da su podaci koji se nalaze na blockchainu sigurni od neovlaštenog pristupa?

- Da
- Ne



- Djelomično

Smatrate li da su trenutni sustavi za prikupljanje podataka dovoljno zaštićeni?

- Da
- Ne
- Djelomično

Smatrate li da korištenje blockchain tehnologije smanjuje mogućnost malverzacije podacima?

- Da
- Ne
- Djelomično

Koliko se slažete sa sljedećom tvrdnjom: Blockchain tehnologija je nužan faktor u učinkovitom razvoju pametnih gradova.

- Ne slažem se.
- Djelomično se ne slažem.
- Niti se slažem niti se ne slažem.
- Djelomično se slažem.
- U potpunosti se slažem.