

UTICAJ INTERNET STVARI NA RAZVOJ PAMETNIH GRADOVA: TRANSFORMACIJA URBANE INFRASTRUKTURE KA ODRŽIVOM SVIJETU/ IMPACT OF THE INTERNET OF THINGS ON THE DEVELOPMENT OF SMART CITIES: TRANSFORMATION OF URBAN INFRASTRUCTURE TOWARDS A SUSTAINABLE WORLD

Pregledni članak

Ajla Hurem¹, Malik Kadrić²,

¹Magistar informacionih tehnologija,

²Inženjer informacijskih sistema i tehnologija,

e-mail: ajla.hurem98@gmail.com, e-mail: malikkadric16@gmail.com

Sažetak

Dok se svijet suočava s izazovima sve veće urbanizacije, koncept pametnih gradova postao je ključan za poboljšanje kvaliteta života stanovnika, efikasnost gradskih sistema i održivost. U tom kontekstu, Internet stvari (IoT) emergirao je kao tehnološki okvir koji ključno utiče na evoluciju pametnih gradova, pružajući infrastrukturi sposobnost povezivanja, komunikacije i analize podataka u stvarnom vremenu. IoT predstavlja ključni faktor u procesu transformacije, pri čemu transformiše urbano okruženje pružajući nove mogućnosti za unapređenje, efikasnost, sigurnost i održivost. Pametni gradovi koriste IoT tehnologiju za integraciju i povezivanje različitih urbanih sistema putem mreže uređaja i senzora. Kroz implementaciju IoT-a u sektorima kao što su saobraćaj, energetika, sigurnost i komunalne usluge, gradovi postaju pametniji u praćenju, analiziranju i upravljanju svojim resursima. Poboljšana mobilnost, efikasno korištenje energije, bolja sigurnost i uključivanje građana samo su neki od benefita koje IoT donosi u razvoju pametnih gradova. IoT igra ključnu ulogu u oblikovanju budućnosti urbanih sredina, ali je važno uravnotežiti benefite s odgovarajućim upravljanjem izazovima kako bi se postigao održiv i inteligentan gradski razvoj.

Ključne riječi: Internet stvari, Pametni gradovi.

Abstract

As the world faces the challenges of increasing urbanization, the concept of smart cities has become crucial for improving the quality of life for residents, enhancing the efficiency of urban systems, and promoting sustainability. In this context, the Internet of Things (IoT) has emerged as a technological framework that significantly influences the evolution of smart cities, providing infrastructure with the ability to connect, communicate, and analyze data in real-time. IoT represents a key factor in the transformation process, reshaping the urban environment and providing new opportunities for improvement in efficiency, security, and sustainability. Smart cities leverage IoT technology to integrate and connect different urban systems through a network of devices and sensors. Through the implementation of IoT in sectors such as transportation, energy, security, and municipal services, cities become smarter in monitoring, analyzing, and managing their resources. Improved mobility, efficient energy usage, enhanced security, and citizen engagement are just some of the benefits that IoT brings to the development of smart cities. IoT plays a crucial role in shaping the future of urban environments, but it is essential to balance the benefits with appropriate management of challenges to achieve sustainable and intelligent urban development.

Keywords: Internet of Things (IoT), Smart Cities.

UVOD

U današnjoj epohi ubrzanog urbanizacijskog razvoja, gradovi predstavljaju ključna žarišta u kojima se susreću brojne društvene, ekonomske i ekološke dinamike. Tradicionalna urbana infrastruktura, suočena s izazovima gužvi, zagađenja i ograničenih resursa, podvrgava se revolucionarnim promjenama zahvaljujući tehnološkim inovacijama. U srcu ove transformacije nalaze se pametni gradovi, čije definisanje prevazilazi koncepte gradova kao geografskih entiteta, pretvarajući ih u inteligentne, adaptivne i održive ekosisteme. Pametni gradovi, koristeći se Internetom stvari (IoT), vještačkom inteligencijom (AI) i drugim informaciono-komunikacijskim tehnologijama, postaju pokretači promjena u načinu života i poslovanja. Ova revolucija nije ograničena samo na unapređenje efikasnosti gradskih usluga, već predstavlja fundamentalnu transformaciju načina na koji gradovi funkcionišu, prilagođavaju se i odgovaraju na potrebe svojih stanovnika. U fokusu ove transformacije su ključne karakteristike pametnih gradova, koje integrišu tehnologiju u svaki aspekt urbane infrastrukture. Praćenje saobraćaja, kvaliteta vazduha, upravljanje energijom i efikasnost resursa postaju mogući zahvaljujući mreži IoT senzora širom grada. Ovaj sistemski pristup omogućava gradovima da postanu adaptivniji, prate promjene u realnom vremenu i optimizuju resurse. Kroz evoluciju urbanih sistema tehnologija postaje pokretač razvoja, transformišući gradove iz statičkih entiteta u dinamična, interaktivna okruženja. Održivost postaje ključni faktor, a tehnološke inovacije igraju ključnu ulogu u stvaranju ekološki osvještenih gradova, koji prate principe održivog razvoja. Ovo istraživanje ima za cilj dublje razumijevanje uticaja Interneta stvari na razvoj pametnih gradova, fokusirajući se na transformaciju urbane infrastrukture ka održivom svijetu. Analizom uloge tehnologije u ovoj metamorfozi, stremimo ka identifikaciji ključnih benefita, izazova i perspektiva koje IoT donosi u urbanom planiranju. Kroz ovu analizu, želimo doprinjeti širem dijalogu o budućnosti urbanih sredina i ulozi tehnologije u oblikovanju prosperitetnih, inteligentnih gradova koji zadovoljavaju potrebe sadašnjih i budućih generacija.

ŠTA JE INTERNET OF THINGS?

“Internet of Things (Internet stvari) ima mnogo različitih definicija, a jedna od najkraćih je globalna mreža koja povezuje pametne stvari.”⁵⁵ Pametni uređaji, razni senzori, računarski resursi, uređaji za spremanje podataka, uređaji za komunikaciju sa korisnicima, aktivno sudjeluju u komunikaciji. Neki od ovih uređaja su termostati, videonadzori, automobili, garažna vrata ili bilo koja druga stvar, koja može iskoristiti te podatke, tako da elektromotor zatvori prozor, ako vrijednost koju je dobio od termostata prelazi neku temperaturnu vrijednost. Definicija Internet stvari se razlikuje zavisno o perspektivi iz koje se posmatraju i širini pogleda na procese koji se događaju, ali većina ih se odnosi na spajanje svakodnevnih stvari na Internet, mjerenje, prikupljanje, spremanje i razmjenu podataka s ostalim stvarima i ljudima. Moglo bi se reći da je to svojevrsna tehnološka revolucija koja predstavlja budućnost računarstva i komunikacija. Internet stvari će stvoriti desetke miliona objekata i senzora, a svi će proizvoditi podatke u realnom vremenu, pa će biti potrebna Big Data⁵⁶ tehnologija da bi se svi ti podaci mogli prikupiti, spremati i analizirati. U današnje vrijeme podaci predstavljaju imovinu koja se može pretvoriti u novac. Da bi se te informacije pretvorile u novac potrebni su računari koji mogu donijeti sofisticirane odluke na temelju tih podataka i znanja. Tako će Internet stvari

⁵⁵<http://www.infotrend.hr/clanak/2017/6/internet-of-things---mogucnosti-i-izazovi,90,1314.html> (dostupno: 06.12.2023.godine)

⁵⁶https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html (dostupno: 06.12.2023.godine)

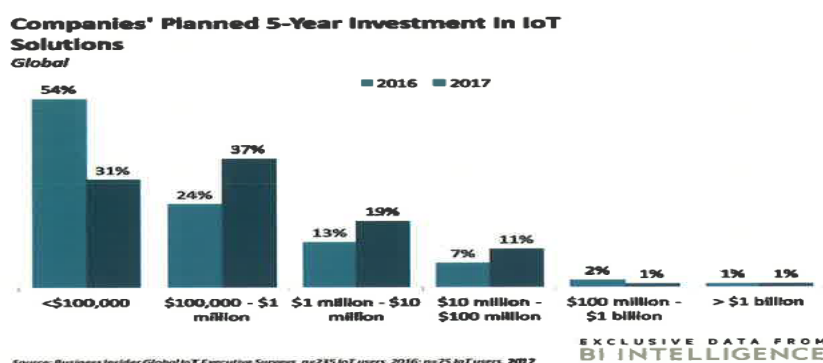
postati vrlo važno strateško tržište koje će dovesti do povećanja prihoda u firmama i smanjenja troškova.



Slika 1. Broj uređaja povezanih na internet vs broj ljudi na Zemlji

(Izvor: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)

Već 2008.godine broj spojenih uređaja na Internetu je prelazio ukupan broj ljudi na Zemlji. Uskoro će Internet stvari postati svakodnevnicom svakog od nas. Globalne kompanije poput Google-a, Apple-a i Samsung-a ulažu velike svote novca u razvijanje i upotrebu te tehnologije.⁵⁷



Slika 2. Ulaganje u IoT

(Izvor: <https://www.businessinsider.com/internet-of-things-report>)

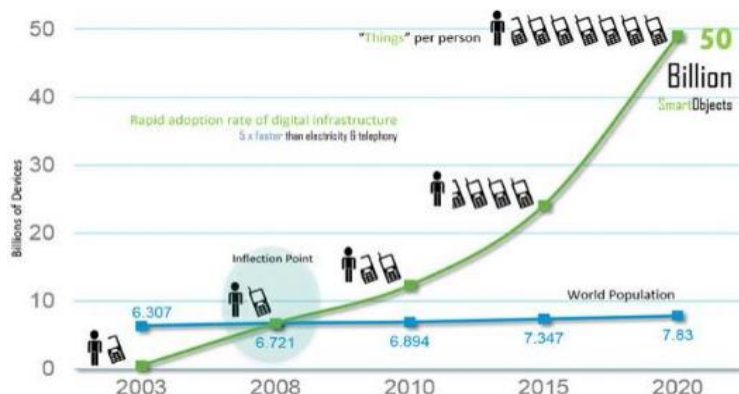
Internet of Things se temelji na konvergenciji bežičnih, mrežnih i internetskih tehnologija, ponajviše Cloud tehnologije, elektromehaničkih sistema, te njihovoj koheziji prema pametnom sistemu.

1. SADAŠNJOST INTERNET OF THINGS

Internet of Things danas možemo usporediti sa vizijom Bill Gates-a iz 1977.godine, gdje on govori o „računaru na svakom stolu i u svakoj sobi“. Internet of Things se može smatrati sljedećom industrijskom revolucijom. Internet of Things se odnosi na uređaje koji međusobno komuniciraju i dijele podatke te čine naš život jednostavnijim i kvalitetnijim. Kevin Ashton kaže: „Današnji računari, dakle i Internet zavise od ljudi za dobijanje informacija. Svi podaci

⁵⁷B.N. Bitar – Internet of Things-IoT(Diplomski rad), Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin, 2018. godine
 XXVII International conference

koji su danas dostupni na Internetu su u jednom trenutku bili stvoreni od strane ljudi. Ljudi su fizička bića, kao i naš okoliš, no ljudi imaju ograničeno vrijeme i nisu dobri u prikupljanju podataka o stvarima u stvarnom svijetu. Ideje i informacije su važne, ali stvari su mnogo važnije.



Slika 3. Brzi rast broja uređaja povezanih na Internet

(Izvor: D. S. G. G. P. i. B. R. H. J. Hanes, *IoT Fundamentals: Networking, Technologies, Protocols and Use Cases for the Internet of Things*, Cisco Press, 2017.)

Danas informacione tehnologije toliko zavise od informacija koje su ljudi prikupili, pa računari znaju više o idejama, nego o stvarima. Možemo zaključiti da Internet of Things koristi nekoliko trendova informacijsko-komunikacijskih tehnologija, a to je na prvom mjestu minimizacija. Druga značajna karakteristika je korištenje bežične tehnologije, koja garantira mobilnost odnosno pokretljivost, a treći trend je međusobna kompatibilnost uređaja.⁵⁸ Najveći izazov IoT je kako osigurati sigurnost, privatnost i razmjenu podataka miliona međusobno povezanih uređaja.

2. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA O UTICAJU IOT-A NA PAMETNE GRADOVE

Istraživanje uticaja Interneta stvari na pametne gradove je oblast koja je privukla značajnu pažnju akademske zajednice i stručnjaka iz industrije. Brojna istraživanja su se fokusirala na analizu i evaluaciju implementacije IoT tehnologije u urbano okruženje.

Ključni elementi dosadašnjih radova obuhvataju različite aspekte, uključujući efikasnost gradskih usluga, održivost, prilagodljivost na promjene, kao i socijalne i ekonomske implikacije ovih tehnoloških inovacija. Jedno od glavnih pitanja koja su istraživači razmatrali jeste kako IoT doprinosi unapređenju gradskih usluga. Neki od ključnih rezultata prethodnih studija ukazuju na to da uvođenje pametnih sistema u saobraćaju, upravljanju otpadom i energetske sektorima može značajno poboljšati efikasnost i smanjiti negativne uticaje na životnu sredinu. Ove analize su često uključivale kvantitativne pokazatelje, poput smanjenja emisije štetnih

⁵⁸B.N. Bitar – Internet of Things-IoT(Diplomski rad), Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin, 2018. godine (dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin%3A1884/datastream/PDF/view>) (dostupno: 06.12.2023.godine)

gasova ili ubrzanja vremena reakcije na gradske izazove. Pored toga, prethodna istraživanja su istraživala i društvene implikacije. Pitanja privatnosti građana, etičkih normi u upotrebi podataka, i inkluzivnosti pametnih sistema bila su od posebnog interesa. Identifikacija i rješavanje ovih pitanja postala su ključna kako bi se osigurala održivost i prihvatljivost IoT tehnologija u urbanoj sredini. Važan element prethodnih istraživanja je i analiza ekonomske strane implementacije IoT-a. Identifikacija troškova i koristi, procjena povrata investicija i proučavanje novih ekonomskih modela su pružile uvid u dugoročnu održivost ovakvih tehnoloških inovacija.

3. PRIMJERI IMPLEMENTACIJA IOT RJEŠENJA U URBANIM SREDINAMA

Uvođenje IoT rješenja u urbanim sredinama u cijelom svijetu ima za cilj unaprijediti infrastrukturu, usluge i kvalitetu života građana. Par primjera implementacije IoT u velikim svjetskim gradovima:

Singapur je postao primjer pametnog grada zahvaljujući inovativnim rješenjima u oblasti saobraćaja. Kroz postavljanje pametnih senzora na putevima, semaforima i vozilima, grad je uspostavio efikasno upravljanje protokom saobraćaja. Ovi senzori prate gustinu saobraćaja, optimizuju semafore u realnom vremenu, smanjujući gužve i vrijeme putovanja. Pored toga, implementirane su i usluge pametnog parkiranja koje pomažu vozačima da pronađu slobodna parking mjesta putem mobilnih aplikacija.

Barcelona je transformisala svoje osvjetljenje u pametni sistem pomoću IoT tehnologije. LED sijalice opremljene senzorima ne samo da štede energiju, već i reaguju na prisustvo ljudi. Udaljenost senzora određuje intenzitet svjetla, što rezultira boljom efikasnošću energije. Ovaj sistem takođe omogućava daljinsko upravljanje, što znači da gradski administratori mogu prilagoditi osvetljenje u skladu sa stvarnim potrebama, čime se smanjuje ukupna potrošnja energije.

Kopenhagen je uveo IoT rješenja za efikasnije upravljanje otpadom. Pametni kontejneri opremljeni senzorima prate nivo otpada u realnom vremenu. Kada se kontejner napuni do određenog nivoa, sistem automatski šalje obaveštenje o potrebi pražnjenja. Ovo smanjuje nepotrebne vožnje kamiona za smeće, optimizuje rutu prikupljanja otpada i doprinosi smanjenju emisije gasova, a samim tim smanjuje efekat staklene bašte.

Sušni klimatski uslovi *Los Angelesa* izazivaju potrebu za pametnim rješenjima za upravljanje vodom. Pametni sistemi za navodnjavanje koriste IoT senzore koji prate vlažnost zemlje, temperaturu, i prognoze vremena. Na osnovu ovih podataka, sistem automatski prilagođava režim zalijevanja, čime se smanjuje potrošnja vode. Ovo ne samo da podržava očuvanje vodnih resursa, već i smanjuje troškove održavanja zelenih površina u gradu.

Seul je implementirao pametne platforme koje omogućavaju građanima uvid u različite aspekte gradskog života. Putem mobilnih aplikacija, građani mogu pratiti raspored javnog prevoza, prijavljivati oštećenja infrastrukture i učestvovati u odlučivanju o urbanim projektima. Ova interaktivna platforma olakšava komunikaciju između građana i gradske uprave, čime se podstiče participativno urbanističko planiranje.

4. BENEFITI IMPLEMENTACIJE IOT-A U PAMETNIM GRADOVIMA

Implementacija IoT tehnologije omogućava gradovima efikasnije upravljanje resursima. Pametni sistemi za praćenje saobraćaja, upravljanje energijom i upravljanje otpadom optimizuju korištenje resursa. IoT pridonosi održivosti pametnih gradova smanjenjem potrošnje energije i emisije stakleničkih plinova. Pametna upravljanja energetske sistemima, osvjetljenjem i transportom doprinose smanjenju ekološkog otiska. Praćenje i analiza podataka putem IoT-a omogućavaju gradskim planerima da bolje razumiju potrebe svojih građana. Ovo vodi ka personalizovanim uslugama, poboljšanom upravljanju javnim prostorima i stvaranju okoline koja je prijatna za život. Implementacija IoT tehnologije otvara vrata za inovacije u urbanom planiranju. Pametni gradovi postaju laboratorije gdje se testiraju nove ideje i tehnologije, čime se podstiče kontinuirani razvoj urbanih sistema.

5. IZAZOVI IMPLEMENTACIJE IOT-A U PAMETNIM GRADOVIMA

Jedan od ključnih izazova implementacije IoT sistema je osigurati bezbjednost prikupljenih podataka. Sa toliko povezanih uređaja, povećan je i rizik od Cyber-napada i neovlaštenog pristupa ličnim informacijama građana. Sveobuhvatni sistemi bezbjednosti su ključni za očuvanje integriteta podataka. Postizanje balansa između koristi od korištenja ovih podataka i zaštite privatnosti zahtijeva pažljivo regulisanje i transparentnost u postupanju sa ličnim informacijama. Implementacija IoT rješenja zahtijeva značajna finansijska sredstva. Gradovi se suočavaju s izazovom obezbjeđivanja sredstava za nabavku, instalaciju i održavanje pametne infrastrukture. Neki stanovnici možda nemaju pristup ili nisu dovoljno obučeni za korištenje IoT tehnologije, što može dovesti do stvaranja digitalne podjele između onih koji mogu iskoristiti prednosti pametnih gradova i onih koji ne mogu. Gradovi se suočavaju sa izazovom integrisanja različitih IoT sistema i uređaja koje koriste različiti proizvođači. Ovaj izazov može ograničiti potencijalne koristi od potpune integracije. Implementacija IoT-a može dovesti do promjena u potrebama za radnom snagom, što zahtijeva prilagodljivost obrazovnih sistema i obuke kako bi radna snaga bila sposobna koristiti i održavati nove tehnologije.

6. PRIMJENA IOT-A U URBANIM OKRUŽENJIMA

Primjena Internet of Things tehnologije u urbanim okruženjima donosi revoluciju u načinu na koji gradovi funkcionišu i pružaju usluge građanima. Ključne oblasti gdje se IoT sve više primjenjuje u urbanim sredinama:

1. Pametni saobraćajni sistemi:
 - Pametni semafori gdje IoT omogućava dinamičko prilagođavanje semafora na osnovu stvarnih uslova na putu, smanjujući gužve i poboljšavajući protok saobraćaja.
 - Pametno parkiranje pri čemu senzori na parkiralištima prate dostupna mjesta u realnom vremenu, što pomaže vozačima da brže pronađu parking, što smanjuje emisiju štetnih gasova izazvanih traženjem parking mjesta.
2. Upravljanje energetikom:

- Pametna mreža: IoT omogućava praćenje potrošnje električne energije i distribuciju na efikasan način, što dovodi do smanjenja gubitaka energije i boljeg upravljanja opterećenjem mreže.
- Pametna osvjjetljenja: Ulice opremljene pametnim svjetlima reaguju na prisustvo ljudi, prilagođavajući intenzitet svjetlosti u realnom vremenu, čime se štedi energija.
- 3. Upravljanje otpadom:
 - Pametni kontejneri: Senzori na kontejnerima prate nivo punjenja, šaljući obavještenje o potrebi pražnjenja. Ovakvi sistemi smanjuju nepotrebne vožnje kamiona za smeće, optimizuju rutu prikupljanja otpada i čuvaju resurse.
- 4. Praćenje kvaliteta vazduha:
 - Senzori za praćenje kvaliteta vazduha postavljeni širom grada omogućavaju praćenje kvaliteta vazduha u realnom vremenu. Građani i gradske vlasti mogu pravovremeno reagovati na potencijalne probleme i smanjiti zagađenje vazduha.
- 5. Sigurnost građana:
 - Pametne kamere i senzori: IoT se koristi za praćenje javnih prostora kroz pametne kamere i senzore, poboljšavajući bezbjednost građana. Sistem može automatski detektovati neobične aktivnosti i pravovremeno reagovati na nepredviđene situacije.
- 6. Upotreba u vrijeme prirodnih katastrofa:
 - IoT uređaji u hitnim situacijama: Senzori na mostovima, zgradama i drugim infrastrukturnim objektima mogu otkriti potencijalne probleme i pružiti rane signale upozorenja u slučaju prirodnih katastrofa, poput zemljotresa ili poplava.
- 7. Mobilne aplikacije za građane:
 - IoT podaci se često koriste u mobilnim aplikacijama koje omogućavaju građanima da daju povratne informacije o gradskim uslugama, prijave probleme ili učestvuju u odlučivanju o urbanim projektima.

7. POVEZANOST IZMEĐU IOT-A, BIG DATA ANALIZE I VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U PAMETNIM GRADOVIMA

U okvirima pametnih gradova, simbioza između Internet of Things, big data analize i vještačke inteligencije stvara inovativan ekosistem koji transformiše urbano okruženje na fundamentalan način. IoT čini osnovu ovog ekosistema, povezujući fizičke objekte sa internetom i generišući obilje podataka iz različitih urbanih konteksta. Na primjer, senzori za praćenje saobraćaja, upravljanje otpadom i kvalitet vazduha postavljeni širom grada neprestano prikupljaju informacije o stanju okoline. Ovi podaci postaju sirov materijal za big data analizu, koja koristi sofisticirane tehnike za obradu i analizu masivnih skupova podataka. Ova analiza otkriva uzorke, identifikuje trendove i pruža dublje uvide u funkcionisanje grada. Na primjer, može se optimizovati saobraćajni tok, upravljati potrošnjom energije ili unaprediti javne usluge na osnovu stvarnih potreba stanovnika. Uz to, VI unapređuje analizu podataka iz IoT uređaja koristeći algoritme mašinskog učenja. Ovi algoritmi omogućavaju sistemu da uči iz prethodnih podataka, predviđa buduće događaje i autonomno donosi odluke. Na primjer, VI može

anticipirati gužve u saobraćaju, personalizovati ponude gradskih usluga ili unaprijediti efikasnost infrastrukture. Povezanost ovih tehnologija stvara dinamičan ciklus: IoT uređaji pružaju podatke koji se analiziraju pomoću big data tehnika, a rezultati se koriste za treniranje modela vještačke inteligencije. Ova integracija omogućava gradovima da postanu adaptivni, efikasni i održivi. Napredna povezanost takođe postavlja pitanja o sigurnosti podataka, privatnosti i etičkim aspektima, a njihovo adekvatno rješavanje postaje ključno za održivi razvoj pametnih gradova.

8. INFRASTRUKTURA PAMETNIH GRADOVA

Infrastruktura pametnih gradova čini ključnu osnovu koja omogućava implementaciju inovativnih tehnologija i unapređenje kvaliteta života građana. Arhitektura pametnih gradova je pažljivo osmišljen sistem koji integriše različite komponente s ciljem stvaranja efikasnog i održivog urbanog okruženja. Arhitektura pametnih gradova se sastoji od nekoliko ključnih slojeva koji zajedno čine integrisani sistem. Senzorski sloj koji uključuje raznovrsne IoT senzore raspoređene širom grada. Senzori prate različite parametre, uključujući kvalitet vazduha, nivo buke, saobraćajne tokove i druge aspekte urbane sredine. Mrežni sloj kod kojeg su IoT senzori povezani putem brze i pouzdane mreže koja omogućava efikasnu razmjenu podataka. Bežične tehnologije poput 5G, kao i klasične mreže, obezbjeđuju kontinuiranu konektivnost. Obrada podataka gdje podaci prikupljeni od senzora prolaze kroz sloj obrade podataka. Ovdje se primjenjuju algoritmi analize podataka i vještačke inteligencije radi izvlačenja korisnih informacija, identifikacije uzoraka i donošenja odluka. Integracija sistema kod koje se rezultati analize podataka integrišu u postojeće gradske strukture, uključujući upravljanje saobraćajem, javnu sigurnost, energetiku i druge ključne aspekte gradskog funkcionisanja. Korisnički interfejs građanima pruža pristup informacijama putem različitih kanala, uključujući mobilne aplikacije i web platforme. Ovo omogućava participaciju građana u procesima odlučivanja i pruža im personalizovane informacije o gradu.

9. INTEGRACIJA PAMETNIH SISTEMA U POSTOJEĆE GRADSKO STRUKTURE

Ključ uspješne integracije pametnih sistema je prilagodljivost postojećim gradskim strukturama što uključuje:

- Integracija pametnih sistema zahtijeva tijesnu saradnju sa vladinim agencijama kako bi se postigla koordinacija i usklađenost sa gradskim planovima.
- Integrisani sistemi moraju postaviti visoke standarde bezbjednosti podataka kako bi zaštitili lične informacije građana i osigurali integritet sistema.
- Gradski planeri treba da razmotre adaptivnost infrastrukture kako bi omogućili laku integraciju novih tehnologija u budućnosti.

10. ODRŽIVOST I EFIKASNOST U PAMETNIM GRADOVIMA

Pametni gradovi, podstaknuti napretkom IoT tehnologije, postavljaju temelje za održivu i efikasnu urbanu evoluciju. Ove inovacije imaju dubok i širok uticaj, pružajući odgovore na ekološke izazove, unapređujući gradsku efikasnost i donoseći socio-ekonomske koristi.

Pametni saobraćajni sistemi, podržani IoT senzorima, ne samo da olakšavaju protok vozila već i značajno doprinose smanjenju emisije štetnih gasova. Dinamičko upravljanje semaforima i pametno parkiranje omogućavaju efikasnije korištenje puteva i smanjuju vrijeme vožnje, direktno utičući na ekološku održivost gradova. Takođe, upravljanje energijom putem IoT uređaja doprinosi optimizaciji potrošnje, smanjujući ukupnu ekološku stopu gradskih energetske sistema. Pametni gradovi optimizuju upotrebu resursa kroz efikasno održavanje infrastrukture i upravljanje otpadom. IoT senzori na ključnim mjestima, kao što su mostovi ili vodovodne cijevi, omogućavaju praćenje stanja infrastrukture u realnom vremenu, omogućavajući gradskim službama da proaktivno djeluju na potencijalne probleme. Pametno upravljanje otpadom, podstaknuto IoT rešenjima, smanjuje nepotrebne troškove prikupljanja smeća i doprinosi ekonomičnosti gradskih usluga. Efikasnije gradske usluge direktno utiču na kvalitet života građana. Bolje upravljanje saobraćajem, smanjenje vremena provedenog u gužvama, optimizovane usluge javne rasvjete i poboljšana bezbjednost doprinose unapređenju svakodnevnog života. Implementacija pametnih tehnologija u gradskim sredinama podstiče inovacije i razvoj novih industrija. Ovo stvara nova radna mjesta, jača privredni rast i čini gradove atraktivnijim za investicije. Pametna integracija obnovljivih izvora energije, omogućena putem IoT senzora, doprinosi ekološkoj održivosti gradova. Praćenje i upravljanje potrošnjom energije pomoću ovih rješenja omogućava gradovima da koriste solarnu, vjetru i drugu obnovljivu energiju na najefikasniji način. IoT uređaji za sigurnost, kao što su pametne kamere i senzori, poboljšavaju bezbjednost urbanih prostora. Ova tehnologija ne samo da omogućava praćenje aktivnosti već i brzu reakciju na hitne situacije, poboljšavajući ukupnu sigurnost i pripremljenost grada na potencijalne izazove. Sve ove aspekte treba posmatrati kao međusobno povezane dijelove jedne cjelovite strategije pametnih gradova. Održivost, efikasnost i socio-ekonomske koristi postaju dostižne kroz holistički pristup koji uključuje implementaciju inovativnih tehnologija, edukaciju građana i saradnju javnog i privatnog sektora. Pametni gradovi postaju ne samo inovativni centri već i modeli održivog urbanog razvoja koji inspirišu globalne napore ka izgradnji boljih i održivijih zajednica.

11. BEZBIJEDNOST I PRIVATNOST U PAMETNIM GRADOVIMA

Uvođenje IoT tehnologije u gradsku infrastrukturu neosporno donosi brojne prednosti u pogledu efikasnosti i funkcionalnosti, ali istovremeno postavlja kompleksna pitanja u vezi sa bezbjednošću i privatnošću građana. Razumijevanje izazova i primjena adekvatnih mjera postaje imperativ kako bi se očuvala sigurnost podataka i poštovala privatnost građana. Veći broj povezanih tačaka u gradskoj infrastrukturi znači i veći potencijal za napade. IoT uređaji često koriste bežične mreže za komunikaciju, čineći ih podložnim neovlaštenom pristupu i potencijalnom presretanju podataka. Nedostatak standardizacije u IoT tehnologiji može dovesti do neujednačenih bezbjednosnih praksi, što otežava stvaranje konzistentnih mjera zaštite. Gradski sistemi, posebno ako nisu adekvatno obezbijeđeni, postaju ranjivi na različite vrste napada, uključujući hakerske upade, DDoS napade i ransomware. Svi podaci generisani od strane IoT uređaja trebaju biti adekvatno enkriptovani kako bi se osigurala privatnost i spriječilo neovlašteno čitanje informacija. Implementacija čvrstih sigurnosnih protokola na nivou uređaja, mreže i sistema ključna je zaštita od potencijalnih prijetnji. Gradovi trebaju jasno

definisati politike koje regulišu sakupljanje, skladištenje i upotrebu podataka kako bi zaštitili privatnost građana. Održavanje ažuriranim softvera na svim uređajima ključno je za popravljivanje sigurnosnih propusta i smanjenje rizika od napada. Edukacija građana i zaposlenih o sigurnosnim mjerama pomaže u stvaranju svijesti o bezbjednosnim rizicima. Implementacija ovih mjera nije samo pravna obaveza već i moralna odgovornost ka građanima. Bezbjednost i privatnost postaju ključni stubovi povjerenja između vlasti i građana.

12. BUDUĆI PRAVCI ISTRAŽIVANJA, IZAZOVI I RAZVOJ PAMETNIH GRADOVA

Uvođenje pametnih tehnologija u urbana okruženja predstavlja neizbježan korak ka stvaranju održivijih, efikasnijih i inkluzivnijih gradova. Međutim, kako ove tehnologije evoluiraju, pojavljuju se i novi izazovi koji zahtijevaju pažljivu analizu i istraživanje. Mnogo je izazova koje nosi buduća primjena IoT u pametnim gradovima. Gradovi budućnosti treba da posvete veliku pažnju jačanju sigurnosnih mehanizma kako bi se spriječili napadi na povezane uređaje i osigurala privatnost građana kroz razvoj novih tehnika enkripcije, blockchain integracija i edukacija o sigurnosnim praksama. Unutar gradova potrebno je omogućiti uspješnu komunikaciju između različitih platformi i uređaja u gradskoj infrastrukturi kroz razvoj standarda za interoperabilnost, implementaciju protokola za laku integraciju i analizu tehničkih izazova. Omogućiti stanovništvu pristup i učestvovanje u kreiranju pametnih rješenja. Poboljšati razvoj modela participativnog upravljanja i korištenje digitalnih platformi za uključivanje građana.

Pametni gradovi bi trebali unaprijediti održivost, smanjiti ekološki otisak i efikasnije upravljati resursima, te razvijati strategije za integraciju obnovljivih izvora energije, analizu uticaja na životnu sredinu i pronalaženje pametnih rješenja. Edukativni programi, kampanje informisanja, analiza efikasnosti obrazovnih inicijativa predstavljaju način uključivanja stanovništva u korištenje pametnih rješenja. Prevazilaženje nedostataka globalnih standarda u pametnim gradovima kroz rad na definisanju globalnih standarda, saradnju između industrije, akademske zajednice i regulatornih tijela. Manji gradovi sa ograničenim resursima mogu imati problem finansiranja implementacije pametnih rješenja, pa treba da rade na razvoju inovativnih modela finansiranja. Takođe je potrebno osigurati da svi slojevi društva imaju pristup i koriste prednosti pametnih tehnologija. Budući pravci istraživanja u oblasti pametnih gradova zahtijevaju holistički pristup, uz uključivanje različitih sektora društva. Ovo istraživanje postavlja temelje za buduće napore u razumijevanju, implementaciji i unapređenju pametnih gradova, a ostaje otvoren za dalje inovacije koje će oblikovati urbanu budućnost. Uključivanje multidisciplinarnih timova i aktivna saradnja između akademske zajednice, industrije i vlasti ključni su za postizanje održivih i inkluzivnih rješenja za gradove širom svijeta.

ZAKLJUČAK

Uvođenje Internet of Things tehnologije u kontekst pametnih gradova značajno transformiše način života, poslovanja i upravljanja resursima u urbanim sredinama. Kroz ovo istraživanje, istakli smo ključne aspekte uticaja IoT-a, identifikovali izazove i prednosti, te prepoznali

buduće pravce razvoja ove dinamične oblasti. Zaključujemo da je uticaj IoT-a na pametne gradove sveobuhvatan i duboko prožet sa svim aspektima urbanog života. IoT je poslužio kao katalizator za transformaciju tradicionalne urbane infrastrukture. Pametni gradovi koriste mreže senzora, podatke u realnom vremenu i analitičke alate kako bi unapredili efikasnost i pružili inovativne usluge građanima. Primjene su raznovrsne, uključujući pametne saobraćajne sisteme, upravljanje otpadom, pametnu javnu rasvetu i još mnogo toga. Ova transformacija doprinosi kreiranju održivijih, bezbednijih i funkcionalnijih urbanih prostora. Definicija pametnih gradova se širi sa samom evolucijom tehnologije. Pametni gradovi nisu samo oni koji koriste tehnologiju, već oni koji je koriste za poboljšanje kvaliteta života svojih građana. Povezivanje IoT-a, big data analize i vještačke inteligencije omogućava gradovima da postanu adaptivni, proaktivni i odgovorni u rješavanju izazova. Iako postoji niz izazova, uključujući pitanja privatnosti, sigurnosti i finansiranja, benefiti koji proističu iz integracije IoT-a su neosporni. Pametni gradovi imaju potencijal da optimizuju resurse, smanje troškove, poboljšaju energetska efikasnost i pruže građanima inovativnije usluge. Međutim, važno je razmatrati ove benefite uz održavanje balansa između tehnološkog napretka i društvenih vrijednosti. Dok istražujemo nove tehnologije i pristupe, važno je zadržati fokus na ljudima, na njihovim potrebama i vrijednostima. Pametni gradovi ne bi trebalo samo da budu tehnološki napredni, već i društveno odgovorni i prilagođeni potrebama svojih građana. Kroz interdisciplinarni pristup istraživanju, implementaciji i upravljanju promjenama, možemo graditi pametne gradove koji zaista služe svojim stanovnicima i stvaraju održivu budućnost.

LITERATURA

- [1] A M. Townsend "Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia", 2013
- [2] A. M. Rahaman, Y. B. Reddy "The Smart City Transformations: How Cities Can Apply New Technologies", 2018
- [3] A. Singleton, S. Spielman, D. Folch, J. Koschinsky "Urban Analytics", 2019
- [4] C. Coletta, L. Evans, L. Heaphy, R. Kitchin "Smart Cities: Introducing Digital Innovation to Cities", 2019
- [5] F. Corea "The Internet of Things in the Modern Business Environment", 2018
- [6] H. Song, R. Srinivasan, T. Sookoor, S. Jeschke "Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications, 2017
- [7] M. Deakin "Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition", 2013
- [8] O. Hersent, D. Boswarthick, O. Elloumi "The Internet of Things: Key Applications and Protocols", 2012
- [9] S. Boria, H. Kerdegari "Smart Cities: A Comprehensive Handbook", 2016
- [10] S. Goldsmith, S. Crawford "The Responsive City: Engaging Communities Through Data-Smart Governance", 2014
- [11] S. J. Simon "Smart Cities: Applications, Technologies, Standards, and Driving Factors", 2017