

PRIMENA IoT U GRAĐEVINARSTVU**THE INTERNET OF THINGS IN CONSTRUCTION**Dorđe Polić, Vladimir Mučenski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisana primena IoT u građevinarstvu, gde je predstavljeno kako IoT tehnologija menja građevinsku industriju. Primenom BIM, VR,AR i RFID tehnologije je objašnjeno kako ove tehnologije utiču na proces izgradnje objekata.

Ključne reči: *Primena IoT, BIM, VR/AR, RFID.*

Abstract – *The paper describes the IoT in the construction industry, where it presents how IoT technology changes the construction industry. Using BIM, VR,AR and RFID technology it was explained how these technologies affect the building process of the facility.*

Keywords: *Use of IoT, BIM, VR/AR, RFID.*

1. UVOD

Primena Interneta stvari ili Internet of Things (IoT), može se lakše opisati onim što ne obuhvata, nego onim što obuhvata. Raspon primene je ogroman. Smtara se da će upotreba „interneta stvari“ poboljšati energetska efikasnost, kontrolu i nadzor privatne imovine kroz različite aplikacije. Oprema koja se danas koristi postaje sve više digitalizovana i više povezana uspostavljajući veze između mašine, ljudi i interneta. Sa ovim vidom povezivanja dobijamo veću produktivnost, bolju energetska efikasnost i veću profitabilnost.

Osnovni cilj rada jeste primena *interneta stvari* u građevinarstvu, odnosno kako primenom *IoT* može da se poboljša izgradnja objekta, sigurnost svih zaposlenih i da se objekat uradi u predviđenom roku. *IoT* tehnologija i aplikacije su pronašle svoj put u građevinskoj industriji i menjaju tradicionalne metode građevinske industrije. Korišćenjem *IoT* građevinskoj industriji je omogućeno da poveća svoju produktivnost, sigurnost i istovremeno poboljša postojeće alate kao i da se razume situacija u svakoj fazi izgradnje u realnom vremenu, počevši od planiranja strukture do načina na koji će objekat izgledati. Da bismo razumeli kako internet stvari funkcioniše u građevinskoj industriji možemo primeniti nekoliko praktičnih metoda na koje ova tehnologija ulazi u građevinsku zonu:

- BIM tehnologija,
- virtuelna i proširena stvarnost,
- radiofrekvencijska identifikacija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, red. prof.

2. MODELIRANJE GRAĐEVINSKIH INFORMACIJA

Modeliranje informacija o zgradama (BIM) je jedna od karakteristika IoT-a koja postaje sve integrisanija u procesu izgradnje. BIM je proces generisanja i upravljanja podacima objekta tokom njegovog projektovanja, izgradnje i životnog ciklusa. Obično se u procesu upotrebljava softver za trodimenzijalno modeliranje objekta radi povećanja produktivnosti tima inženjera i izvođača radova tokom projektovanja i izgradnje. Stvara se baza podataka o građevinskim informacijama koje obuhvataju geometriju objekta, unutrašnjost objekta, geografske informacije, količine i svojstva građevinskih elemenata. Uspešno korišćenje BIM procesa zahteva pažljivo planiranje, detaljnije specifikacije BIM-a i definisani skup postupaka metodologija za primenu ovog procesa.

BIM standardi treba da se koriste za definisanje obima posla, odgovornosti učesnika u projektu i rezultata za opštu korist projekta. Standardi BIM-a su podeljeni u međusobno povezane oblasti:

- Program izvršenja projekta BIM PXP
- Metodologija obrade
- Nivo razvoja

2.1. Program izvršenja projekta BIM PXP

BIM PXP se kreira na početku projekta i ažurira se tokom celog projekta kada budu imenovani članovi projektnog tima, izvođači i podizvođači. BIM PXP obuhvata dogovorene BIM rezultate i procese tokom projekta. Pored ovoga mora da sadrži sve faze projekta početnu, izvodljivost, planiranja idejni projekat i detaljan izgled objekta. BIM standardi navode minimalne podatke koje treba usvojiti vodeći konsultant i izvođač radova u procesu isporuke projekta.

Projektom BIM zahtevima treba da se pruže sledeće informacije vodećim konsultantima i izvođačima radova:

- Strateške ciljeve za implemetaciju BIM-a.
- Nivo razvoja (LOD) i lista rezultata BIM-a koja se očekuje za svaku definisanu fazu projekta, koja se sastoji od skupa modela građevinskih informacija. Modeli su sastavljeni od elemenata objekta ili elemenata koji su digitalni prikaz fizičkih i funkcionalnih karakteristika objekta. Svaki element može se sastojati od geometrijskih podataka koji se mogu povećavati kako projekat napreduje.
- Linija odgovornosti kojom se određuje odgovornost za kreiranje modela održavanje i saradnju u fazama projekta.
- Postupak kordinacije.
- Proces saradnje i razmena modela.
- Definicija sistema i koordinata.

- Raspored informacija i podataka koji se uvrštavaju u BIM bazu podataka.
- Raspored svih softverskih formata, uključujući brojne verzije koje se koriste za isporuku projekta.

2.2. Metodologija obrade

BIM standardi su koncipirani tako klijentima mogu da omoguće upravljanje i procenu BIM rezultata. Ovaj deo BIM standarda pruža informacije o tome kako da omogućiti razvoj i izgradnju modela koji će omogućiti efikasniju upotrebu, odnosno ponovnu upotrebu BIM podataka i modela sa modeliranjem podataka u okviru jedne faze projekta. Ovaj deo BIM standarda obuhvata sledeće informacije:

- Kako svaki BIM model treba kreirati, razvijati i deliti sa drugim učesnicima u projektu gde se za cilj ima što efikasnije korišćenje i ponovna upotreba BIM podataka
- Podela i struktura modela
- Izrada i sastavljanje modela

Modeliranje je proces stvaranja digitalnog modela informacija o objektima, gde upotreba BIM zamenjuje tradicionalne 2D prikaze objekta. Prilikom korišćenja ove tehnologije važna je upotreba BIM softvera za onu vrstu modela za koju je kreiran. Namena modela mora biti jasno i nedvosmisleno definisana pre nego što se kreira model:

- Ko će koristiti model
- Kako informacije iz modela možemo prosljeđivati drugima
- Šta treba izdvojiti iz modela tokom različitih faza

2.3. Nivo razvoja

Nivo razvoja (LOD) je skup specifikacija koji timu inženjera omogućava da efikasno dokumentuju, artikulišu i preciziraju sadržaj BIM-a. LOD definiše faze razvoja različitih sistema u BIM-u. Korišćenjem ovih specifikacija arhitekta, inženjeri i drugi učesnici u projektu mogu jasnije komunicirati i izvršavati svoje obaveze. Upotrebom LOD specifikacija omogućava svim učesnicima u projektu mogućnost da vide kako se geometrija elemenata i informacije razvijaju tokom celog procesa. Njena primena označava stepen do kog se različiti članovi tima mogu osloniti na informacije povezane sa nekim elementom.

LOD se obično predstavlja kao nivo detalja umesto nivoa razvoja, gde ova tehnologija obično koristi koncept nivoa razvoja i tu postoje bitne razlike. Nivo detalja je deo detalja koji je proporcionalan unutar modela, dok nivo razvijenosti predstavlja specifikacije, geometriju i priložene informacije komponenti gde članovi projektnog tima mogu da zavise od tih informacija prilikom korišćenja modela. U suštini nivo detalja se može smatrati ulazom u element a nivo razvoja pouzdan izlaz. Primena LOD specifikacija je veoma važan element celog BIM procesa. Bez upotrebe LOD-a svim učesnicima na projektu može da predstavlja problem rada na istoj stranici stvarajući nedostatke koji mogu ugroziti izgled projekta. Osnovne definicije LOD-a sastoje se od brojeva i kreću se od LOD 100 do LOD 500, njih je definisao Američki institut za arhitekturu.

- LOD 100: element modela može se grafički prikazati u modelu sa simbolom ili drugim generičkim

prikazom. Svaka informacija o elementu izvedena iz LOD 100 mora se smatrati približnom.

- LOD 200: element modela je grafički prikazan predstavljen unutar modela kao objekat ili sklop sa približnim količinama, veličinama, oblikom i lokacijom
- LOD 300: precizno modeliranje i crtanje gde su elementi definisani određenim sklopovima, preciznom količinom, veličinom, oblikom i lokacijom.
- LOD 350: sadrži detalje i modele elemenata koji predstavljaju kako se elementi objekta međusobno povezuju sa različitim sistemima ostalih građevinskih elemenata.
- LOD 400: elementi modela se modeliraju kao specifični sklopovi uz kompletnu izradu, sastavljanje i detaljnije informacije količine, veličine, oblika i lokacije.
- LOD 500: elementi modela predstavljaju ternski odnosno gotov prikaz objekta u pogledu veličine, oblika i lokacije.

3. VIRTUELNA I PROŠIRENA STVARNOST

U građevinskoj industriji koja je još uvek zaokupljena sporim papirnim procesima upotreba 3D modeliranja bili su teški i dugotrajni. Obično se njihova upotreba koristila samo da bi dala marketinški sjaj konačnom proizvodu. Međutim i ovo počinje da se menja razvitkom napredne tehnologije omogućava se projektantima da stvore živopisno interaktivno iskustvo koje pomaže učesnicima u projektu.

Primena virtuelne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR) omogućava poboljšavanje bezbednosti i efikasnosti radnika koju trenutne tehnologije ne mogu da ponude. Prednosti upotrebe virtuelne i proširene stvarnosti odnosi se na planiranje, obuku i marketing. Mnogi mešaju ove dve tehnologije i smatraju ih istim, međutim postoji razlika.

Poširena stvarnost je tehnologija koja prekriva kompjutersku generisanu sliku nad stvarnim okruženjem.

Virtuelna stvarnost je tehnologija stvaranja veštačkog okruženja koje u potpunosti zamenjuje stvarno okruženje.

3.1 Virtuelna stvarnost

Primena virtuelne stvarnosti pretila da promeni građevinsku industriju u budućnosti. Virtuelna stvarnost polako ulazi u mnoge grane industrije, a građevinski stručnjaci su prošli nekoliko korisnih načina primene virtuelne stvarnosti. Upotrebom VR tehnologije možemo to omogućiti ali i poboljšati mnoge druge aspekte u građevinskom sektoru. Iako tradicionalni 3D modeli pružaju nešto bolji nivo razumevanja od prostih 2D crteža projekta virtuelna stvarnost može ponuditi mnogo više. Ako sagledamo bolje prednosti VR aplikacija onda možemo da zaključimo kako može da promeni građevinsku industriju. Upotreba virtuelne stvarnosti za građevinske kompanije predstavlja:

- Efikasnost troškova: svaka strana koja je uključena u proces izgradnje može uočiti potencijalne probleme odnosno identifikovati sve promene koje je potrebno uvesti u početnoj fazi projektovanja. Sve izmene koje su otkrivene tokom faze izgradnje pokazuju se kao skupe i dugotrajne.

- Pristup virtualnom modelu: klijent može da pristupi objektu pomoću virtualnih uređaja da istraži i proverii da li sve odgovara njegovim očekivanjima.

Virtualna stvarnost može da se koristi u obuci građevinskih radnika zato što je jeftinije i sigurnije obučiti radnike teške opreme u virtualnoj stvarnosti. Ovo uključuje različite scenarije iz stvarnog sveta i virtualno iskustvo je osmišljeno tako da korisniku pruža različite potencijalne opasne situacije u cilju razvijanja i razumevanja sigurnih radnih zona. Mnoge građevinske kompanije koriste virtualnu stvarnost da bi obučili svoj kadar. Kreiranjem virtualnih programa za vežbu uklanjamo mogućnost povreda i oštećenja opreme i omogućava pokušaje i greške bez štetnih posledica. Kao što možemo da zaključimo, virtualna stvarnost može pomoći u prevazilaženju mnogih izazova u građevinarstvu:

- Uštede vremena i novca
- Omogućava istraživanje 3D modela pomoću VR aplikacija i smanjuje probleme koje je teško predvideti.
- Poboljšava sigurnost obuke
- Učesnici u procesu izgradnje mogu da naprave onoliko grešaka koliko im je potrebno u virtualnoj stvarnosti da bi savladali opasnu opremu bez povreda ili oštećenja mašine.
- Poboljšava saradnju
- Bez obzira da li je projektni tim razdvojen oni se mogu okupiti u virtualnoj konferencijskoj sali kako bi razgovarali o važnim pitanjima.
- Omogućava bolju isporuku projekta
- Ponekad bi promene koje su dogovorene tokom procesa izgradnje mogle da traju duže vremena. Posšto primenom VR takvih izmena manje lakše je proceniti rokove i možemo efikasnije da pratimo proces izgradnje.
- Povećava kvalitet
- Virtualna stvarnost nudi zajedničko prostorno iskustvo koje vodi boljem odlučivanju, gde nema pogrešnih interpretacija projekta a samim tim kvalitet se povećava.

3.2 Proširena stvarnost

Proširena stvarnost je tehnologija koja povećava fizičko okruženje na ekranu mobilnih uređaja (pametni telefoni, tableti) preklapajući ih digitalnim sadržajem. AR se zasniva na stvarnom okruženju i samo mu se dodaju računarski generisani podaci ili trodimenzionalni objekti. Upotreba proširene stvarnosti se može primeniti u svim fazama izgradnje:

- Pre procesa izgradnje, ovo je slično kao i u VR razlika je u tome što možemo videti stvarni svet oko sebe.
- Građevinski radnici upotrebom AR aplikacija mogu da vide da li sve ide po planu i spreče pojavu grešaka dvostrukom proverom.
- Nakon završetka projekta, na ovaj način možemo biti sigurni da su sve komponente postavljene kako su zamišljene i da su ispunjeni uslovi projekta.

Jedan od glavnih faktora koji je ometao masovnu primenu proširene stvarnosti u građevinarstvu jeste visoka cena. Samo velike kompanije mogu sebi priuštiti napredne tehnologije. Prema nekim istraživanjima samo polovina kompanija iz građevinskog sektora ima IT odeljenje. Ovo

pokazuje da kompanije ili ne vide prednosti digitalnog razvoja ili su premale da bi održavale velika IT odeljenja. Ipak sa pojavom mobilnih uređaja trošak za razvoj aplikacija proširene stvarnosti se smanjuje. Tako da su mala i srednja preduzeća počela da primenju prednosti AR gradnje.

4. RADIOFREKVENCIJSKA IDENTIFIKACIJA

Tehnologija radiofrekvencijske identifikacije (RFID) sve više se upotrebljava za razne sektore kao što su trgovina, zdravstvo, vazduhoplovstvo i bezbednost. Primena ove tehnologije omogućava praćenje predmeta na gradilištu ili teško dostupnim lokacijama. Građevinska industrija počinje da shvata prednosti RFID tehnologije u povećanju efikasnosti, upravljanju imovinom i rešavanju operativnih izazova. Kao savršen primer za ovo jeste gradilište gde RFID tehnologija može koristiti u bezbroj primera. Tokom poslednjih godina razvijeno je mnogo RFID rešenja za upotrebu u građevinarstvu.

Okolina i radni uslovi su veoma različiti za svako za svako gradilište gde postoji mnogo građevinske opreme na licu mesta i uređenim skladištima. Pored opreme postoje i građevinski radnici i osoblje koje se non stop kreće u krugu radnog procesa. Vozni park (kamioni, mašine) koji stalno menjaju položaj na radnom mestu gde pogrešno postavljanje i neovlašćena upotreba opreme i učestale krađe su takođe izazov na gradilištima. Primena RFID tehnologije može da igra ključnu ulogu od praćenje opreme, osoblja do bezbednosti na gradilištu.

5. PRIMENA IoT TEHNOLOGIJE U PROCESU GRADENJA

Gradilište kao mesto primene IoT tehnologije je spremno za temeljne promene koje omogućavaju veću produktivnost, poboljšavanje procesa gradnje i nove alate. Kako je IoT sve prisutniji to ima veći uticaj na to kako se građevinska industrija menja. Kao što znamo proces izgradnje veoma teško prihvata nove tehnologije. To je obično posledica složenosti, visokog rizika kao i konzervativnijeg pristupa građevinskih kompanija. Uprkos svim ovim preprekama nove tehnologije pokazale su se izuzetno blagotvorne u procesu izgradnje, a poboljšanje efikasnosti u procesu izgradnje je veoma teško. Broj projekata koji nisu dostavljeni na vreme i troškovi to potvrđuju. Jedan takav primer primene IoT tehnologije koja postaje sve prisutnija u upravljanju procesa gradnje su bežični senzori zrelosti betona. Ovi senzori ne samo da omogućavaju smanjenje oslanjanja na laboratorijska ispitivanja, već u realnom vremenu dobijamo obaveštenje o čvrstoći i temperaturi betona.

Senzori zrelosti daju tačne i pouzdane podatke pošto su podvrgnuti tačnim uslovima očvršćavanja betona u oplati. Potpuno ugrađen u beton i pričvršćen za armaturu pre izlivanja temperatura betona se neprestano nadgleda pomoću ovih bežičnih senzora. Podaci se zatim koriste za automatsko izračunavanje čvrstoće na pritisak na osnovu zrelosti betonske smeše. To znači da odmah znamo kada je beton dovoljno čvrst da prećemo na sledeće korake u procesu izgradnje. Korišćenje ove tehnologije nam omogućava praćenje kritičnih aktivnosti kao što su uklanjanje oplate.

5.1. Primena IoT tehnologije u upravljanju objektima

Sistem upravljanja objektima tradicionalno se fokusira na nekoliko glavnih oblasti. Više nije neobično da automatski ili daljinski kontrolišemo grejanje, temperaturu, ventilaciju, klimatizaciju, osvetljenje, bezbednostni, energetski i protivpožarni sistem. Svi podaci prikupljeni od strane IoT omogućavaju timovima za upravljanje objektima da budu efikasniji u sprečavanju problema odnosno smanjenju vremena utrošenom na popravke. Sve su veće prednosti u primeni integrisanih sistema automatizacije objekta i uvođenja IoT u svet upravljanja objektima.

Svaki aspekt održavanja objekta može imati koristi od IoT-a. U poslednjoj deceniji termin „pametna zgrada“ odnosio se na objekte sa sistemom za automatizaciju koji su omogućavali daljinsku kontrolu. Često je zabluda da upotreba pametnih uređaja ili tehnologije IoT unutar objekta dovoljno za pozicioniranje tog prostora kao pametne zgrade. U stvarnosti pametna zgrada je skup dinamičkih povezanih pametnih sistema koji su povezani preko platforme koja skuplja, deli, otkriva, analizira i deluje na kolektivne podatke pametne zgrade.

6. ZAKLJUČAK

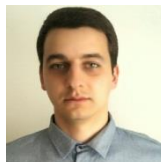
Sa razvitkom svesti, sposobnosti i potrebama za IoT-om tako će se povećavati i razvijati nove tehnologije. Zahvaljujući internetu stvari građevinska industrija u budućnosti neće morati da se nosi sa neizvešnošću. Uprkos predviđanjima gubitka radnih mesta usvajanjem IoT tehnologije verovatno neće zameniti ljudski element u građevinskoj industriji. Umesto toga izmeniće poslovne modele u industriji, smanjiti skupe greške, povrede na radu i učiniti rad na objektima mnogo efikasnijim.

Iako je primena IoT-a u građevinskoj industriji imao spor početak mnogi shvataju da je neophodno da građevinske kompanije vide potrebu za usvajanjem novih i inovativnih tehnologija u svoje poslovne planove.

7. LITERATURA

- [1] Internet of things (IoT), technologies, applications, challenges and solutions, B.K. Tripathy, J. Anuradha.
- [2] Enhanced Building Information Models, Using IoT Services and Integration Patterns, Umit Isikdag.
- [3] Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary for Building Information Models and Data.

Kratka biografija:



Đorđe Polić rođen je u Loznici 1989. god. 2017. stiče zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2020.



Vladimir Mučenski rođen je u Vrbasu 1980. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka – Građevinski odsek 2005 god. Zvanje doktora nauka stekao 2013 godine sa temom doktorske disertacije Model semikvantitativne procene rizika zaštite na radu za procene izgradnje. Od 2019. godine je u zvanju vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka.