



UNIVERZITET U NIŠU
ELEKTRONSKI FAKULTET



Emir Ugljanin

**Platforma za interakciju sa društvenim
mrežama i Internetom stvari u pametnim
gradovima**

DOKTORSKA DISERTACIJA

NIŠ, 2023.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING



Emir Ugljanin

**Platform for interaction with social networks
and Internet of Things in smart cities**

DOCTORAL DISSERTATION

NIŠ, 2023

Podaci o doktorskoj disertaciji

Mentor:

Prof. dr Dragan Stojanović, redovni profesor
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet

Naslov:

Platforma za interakciju sa društvenim mrežama i Internetom stvari u pametnim gradovima

Rezime:

U cilju što bolje komunikacije sa građanima pametni gradovi moraju da koriste društvene mreže efektivnije, na način da iniciraju društvene akcije i prikupljaju reakcije građana, i na osnovu tih reakcija da menjaju, unapređuju i adaptiraju svoje poslovne procese. Internet stvari se koristi kao izvor podataka na osnovu kojih će pametni grad donositi odluke o svojim budućim aktivnostima u fizičkom okruženju putem aktuatora, kao i na društvenim mrežama putem novih objava i aktivnosti, a takođe će IoT uređaji u okviru poslovnih procesa pametnog grada biti adaptirani i rekonfigurisani izvršavanjem novih zadataka koristeći podatke sa društvenih mreža. Ova dvosmerna komunikacija sa oba izvora podataka biće obavljena preko samostalnih servisa (konektora), a za njihovo upravljanje u kontekstu podataka pametnog grada radi brze reakcije na novonastale situacije, biće implementirana rekonfigurabilna mikroservisna arhitektura. Mikroservisi mogu biti formalno definisani i opisani u deljivom i proširivom formatu na osnovu čega se mogu instancirati i rekonfigurisati. Sve ovo predstavlja osnovu B2S4B platforme koja treba da obezbedi integraciju poslovnih procesa, društvenih mreža i Interneta stvari što će biti evaluirano na studiji slučaja pametnog grada.

Naučna oblast:	Elektrotehničko i računarsko inženjerstvo (Računarstvo i informatika)
Naučna disciplina:	Poslovni informacioni sistemi u pametnim gradovima
Ključne reči:	Pametni gradovi, Internet stvari, društvene mreže
UDK:	(659.2:004)+(316.472.4:004.738.5)
CERIF klasifikacija:	T120, Sistemski inženjering, računarska tehnologija
Tip licence Kreativni zajednice:	CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	PhD Dragan Stojanovic, professor University of Niš, Faculty of Electronic Engineering
Title:	Platform for interaction with social networks and Internet of Things in smart cities
Abstract:	<p>With aim to allow better communication with its citizens, Smart City should use social networks more effectively by initiating social actions and by analyzing collected citizens' reactions. IoT is also used as a data source upon which a Smart City would make decisions about its future actions in physical environment and on social networks, and also, IoT devices could be adapted and reconfigured as a part of business process reengineering according to data gathered from social media. This bidirectional communication with both data sources will be performed via independent services (connectors), and their management in the context of smart city to ensure fast reaction in unplanned situations will be done via reconfigurable microservices. These microservices will be formally defined and described in shareable and extendable format based on which they could be instantiated and reconfigured. This represents the foundation of the B2S4B platform that provides integration of business processes, social networks and Internet of Things, that will be evaluated in a Smart City case study.</p>

Scientific
Field:

Electrical and Computer Engineering (Computer Science)

Scientific
Discipline:

Business Information Systems in Smart Cities

Key Words:

Smart city, Internet of things, social networks

UDC:

(659.2:004)+(316.472.4:004.738.5)

CERIF
Classification:

T120, Systems engineering, computer technology

Creative
Commons
License Type:

CC BY-NC-ND

ZAHVALNICA

Rad na doktorskoj tezi nije samo naučni rad već je i test upornosti i ustrajnosti. Na tom putu se javlja veliki broj prepreka od kojih su neke tehničke dok su druge psihološke prirode, pa su stoga i rešenja tih problema različita.

Prvenstveno želim da se zahvalim mentoru, profesoru Draganu Stojanoviću, na strpljenju i posvećenosti u radu sa mnom bez čije pomoći ova doktorska disertacija ne bi bila u stanju u kome je sada. Profesor Stojanović je dokazao svoju stručnost i spremnost da bude mentor u pravom smislu te reči, usmeravajući me ka cilju i održavajući kurs koji je povremeno bilo teško održati.

Pored saradnje sa profesorom Stojanovićem, veliku zahvalnost moram iskazati i profesoru Ejubu Kajanu čiji sam bio saradnik na Državnom Univerzitetu u Novom Pazaru i sa kime sam nastavio saradnju i druženje i nakon Državnog Univerziteta u Novom Pazaru. On me je uveo u naučne vode i uključio u internacionalni tim istraživača pod vođstvom profesora Zakaria Maamara, sa kojim sam intenzivno sarađivao nekoliko godina i kome se moram posebno zahvaliti kao i njegovim saradnicima jer sam stekao jedno nemerljivo važno životno i istraživačko iskustvo.

Hvala mojim roditeljima i sestri koji su verovali u mene i usmeravali me ka pravim vrednostima. Oni su mi uvek pružali bezrezervnu podršku i imali poverenja da ću doneti pravu odluku, pa sam izuzetno zahvalan zbog toga jer mi je olakšalo rad i učinilo me osobom kakva sam danas.

Posebnu zahvalnost moram istaći mojoj supruzi Aznaidi bez čije podrške i ljubavi u osnovi sve ovo ne bi bilo moguće. Ona je imala razumevanja za obaveze koje je nosio rad na doktorskoj tezi i činila je sve da nemam prepreka u radu i bila izuzetna podrška i podstrek. Nadam se da će naša deca Omer, Esma i Ahmed, koja su često trpela zbog mog rada i vremena koje je trebalo biti njihovo ali je utkano u ovaj doktorat, ovaj rad videti kao podsetnik da je odustajanje neprihvatljivo, i da budu uporni, a da će plodovi rada stići kad tad.

Zahvalnost takođe dugujem i profesoru Seadu Šemsoviću koji me je podsećao da posao koji započnem moram završiti, da održavam fokus i da ne odustajem, kao i svim mojim prijateljima koji su mi davali vetar u leđa.

SADRŽAJ

1	Uvod.....	1
1.1	Predmet i motivacija naučnog istraživanja.....	1
1.2	Cilj naučnog istraživanja	3
1.3	Rezultati i naučni doprinosi disertacije	4
1.4	Pregled disertacije	5
2	Tehnologije pametnih gradova.....	8
2.1	Pametni gradovi.....	8
2.1.1	Urbanizacija kao svetski trend	8
2.1.2	Definicije pametnog grada i njegove preteče.....	9
2.1.3	Transformacija iz običnog u pametni grad.....	10
2.1.4	Primeri pametnih gradova	11
2.1.5	Kritički osvrt na pametne gradove	17
2.2	Informaciono komunikacione tehnologije i građani kao podrška pametnom gradu ..	18
2.3	IoT u pametnim gradovima	20
2.3.1	Šta čini IoT?	20
2.3.2	Tehnologije koje omogućavaju IoT	22
2.3.3	IoT i podaci	24
2.4	Pregled relevantnih istraživanja	27
3	Društvene mreže i mediji u pametnim gradovima	32
3.1	Značaj društvenih mreža	32
3.2	Analiza podataka sa društvenih mreža u literaturi	33
3.3	Primena društvenih mreža/medija u pametnim gradovima	34
3.4	Ljudski i društveni „senzori”	36
3.5	Značaj spremnosti i učešća građana u funkcionisanju pametnih gradova.....	38
3.6	Društvene akcije	40

3.6.1	Autorizovane relacije među društvenim akcijama.....	42
3.6.2	Društvene mreže i poslovni procesi.....	46
4	B2S4B platforma.....	49
4.1	Arhitektura B2S4B platforme.....	50
4.2	Komponente i servisi B2S4B platforme.....	51
5	Društveni konektori.....	54
5.1	Metode za merenje društvenih akcija i tokova.....	54
5.1.1	Lokalni ishod.....	54
5.1.2	Globalni ishod.....	55
5.1.3	Kumulativni ishod.....	57
5.1.4	Primena pomenutih metoda na primeru Facebook-a.....	59
5.2	Metrike za analizu kampanja na društvenim medijima.....	60
5.2.1	Metrika za merenje atraktivnosti kampanja.....	61
5.2.2	Metrika za merenje lokalne atraktivnosti kampanja.....	61
5.2.3	Metrika za merenje odziva učesnika.....	62
5.2.4	Metrika za merenje dugotrajnosti kampanje.....	63
5.2.5	Analiza trenda preokreta – ekstrakcija šablona.....	64
5.3	Društveni konektor za Facebook.....	64
5.3.1	Arhitektura Društvenog konektora.....	65
5.3.2	Eksperimentalna evaluacija.....	67
6	IoT konektori.....	72
6.1	Razlozi i uslovi za rekonfigurisanje IoT uređaja.....	72
6.2	Tipovi rekonfiguracija IoT uređaja.....	73
6.3	Životni ciklus rekonfiguracija IoT uređaja.....	74
6.4	IoT konektor za upravljanje ESP8266 uređajima.....	74
6.4.1	Arhitektura IoT konektora.....	75
6.4.2	Vrste zahteva za rekonfiguraciju na IoT konektoru.....	77

6.5	Rekonfiguracija IoT uređaja baziranih na čipu ESP8266	79
6.5.1	Korišćeni uređaji	79
6.5.2	Priprema uređaja za komunikaciju sa IoT konektorom	81
6.5.3	Proces rekonfiguracije mikro-kontrolera baziranih na ESP8266 čipu.....	82
6.6	Eksperimentalna evaluacija.....	84
6.6.1	Merenje vremena potrebnog za rekonfiguraciju uređaja	84
6.6.2	Prikaz kontrolne table sa IoT konektora	86
7	Smart City Observer (SCO)	88
7.1	Životni ciklus SCO-a.....	89
7.1.1	Detekcija događaja.....	90
7.1.2	Izvršavanje akcija.....	92
7.2	SCO lanac – poslovni proces sačinjen od više SCO-a	93
7.3	SCO definicije	95
8	Rekonfiguracija zasnovana na B2S4B platformi	103
8.1	Proces rekonfiguracije	105
8.1.1	Prikupljanje podataka i obrada.....	106
8.1.2	Detekcija događaja i reakcija	106
8.1.3	Prepoznavanje kompleksnih događaja i SCO rekonfiguracija.....	107
8.2	Transformacija i tok podataka u B2S4B platformi	107
9	Implementacija prototipa B2S4B platforme	110
9.1	Implementirani moduli i komponente	110
9.1.1	SCO dizajner	111
9.1.2	Menadžer.....	113
9.1.3	Analizator.....	113
9.1.4	SCO.....	114
9.2	Kriterijumi za osiguravanje najefikasnije komunikacije u B2S4B platformi	118
9.3	Proširivost platforme	121

10	Studija slučaja i evaluacija.....	125
10.1	Motivacija.....	125
10.2	Definisanje poslovnog procesa u vidu SCO lanca	126
10.2.1	SCO ₁	127
10.2.2	SCO ₂	128
10.2.3	SCO ₃	130
10.3	Evaluacija SCO lanca	131
10.3.1	Simulator podataka	131
10.3.2	Eksperimentalna evaluacija.....	133
11	Zaključak.....	135
11.1	Rezime istraživanja	135
11.2	Pravci daljeg istraživanja i razvoja.....	136
	Literatura	138
	Prilog.....	151
	Spisak korišćenih skraćenica	163
	Spisak slika	165
	Spisak tabela	167
	Spisak listinga	168
	Biografija autora	169

1 UVOD

1.1 Predmet i motivacija naučnog istraživanja

Uvećavanjem broja stanovnika u urbanim sredinama sve je veći broj problema koje gradovi imaju da bi odgovorili na zahteve građana, a servisi koji su namenjeni građanima su pred novim izazovima. Kao rešenje ovih problema predstavljen je koncept *pametnih gradova* koji u osnovi u velikoj meri koristi Informaciono-Komunikacione Tehnologije (IKT) sa ciljem unapređenja kvaliteta života građana i rešavanja problema koje donosi urbanizacija. Internet stvari (eng. Internet of Things - IoT) se može posmatrati kao najčešći predstavnik IKT-a, a koristi se da omogući interakciju pametnih gradova sa okruženjem. Obilje senzora i aktuatora povezanih u odgovarajuću IoT infrastrukturu i njihova pristupačnost i dostupnost omogućava pametnim gradovima da iskoriste taj potencijal za unapređenje svojih poslovnih procesa i servisa.

Pametni grad se sastoji od više ekosistema i servisa koji se zasnivaju na implementaciji odgovarajućih poslovnih procesa. U Deloitte (2015) izveštaju je navedeno devet ekosistema pametnog grada i to: *pametna -mobilnost, -energija i voda, -edukacija, -uprava, -prodaja i logistika, pameteno zdrastvo, pametene -finansije, -zgrade i - život*. Sa druge strane Caragliu i ostali (Caragliu et al., 2011) definišu šest dimenzija oko kojih se može izvršiti rangiranje pametnih gradova. Ove dimenzije se poklapaju sa neoklasičnim i tradicionalno regionalnim teorijama urbanog rasta i razvoja i uključuju *pametnu ekonomiju, pametno -kretanje, -okruženje, -življenje, -vladanje* kao i *pametne ljude*.

U svim ovim navedenim domenima i dimenzijama očekuje se da pametni gradovi imaju neprekidnu interakciju sa građanima, prate njihove aktivnosti i zahteve, nadgledaju karakteristike okruženja u kome se nalaze i reaguju na njihove potrebe preko razvijenih servisa.

Potreba pametnih gradova da komuniciraju sa građanima je veoma važan aspekt koji se često zanemaruje u ovom kontekstu. Ta komunikacija se danas sve više oslanja na društvene (socijalne) mreže (eng. *Social Networks*) kao široko rasprostranjen i prihvaćen medijum za komunikaciju i interakciju. Društvene mreže omogućavaju dvosmernu komunikaciju sa građanima pa pametni grad može da inicira određene društvene aktivnosti na društvenim mrežama i prikuplja reakcije građana, a takođe građani mogu da reaguju na pokrenute aktivnosti kao i da svoja mišljenja i primedbe dostavljaju putem društvenih mreža (Kajan et

al., 2020)(Ugljanin et al., 2017, 2018a, 2018b). U radu (Bauman et al., 2017) autori potenciraju da svaka osoba sa pametnim telefonom i nalogom na društvenoj mreži može biti pokretni ljudski senzor, koji je u stanju da obavi razne zadatke uključujući generisanje podataka o događajima iz svog okruženja u realnom vremenu.

Uspeh servisa pametnog grada zavisi od toga koliko su zahtevi građana ispunjeni, učešća građana i njihovoj spremnosti da učestvuju (Ugljanin et al., 2020). Identifikacija problema koje građani imaju, prikupljanje povratnih informacija i ocena zadovoljstva građana su od najveće važnosti za pametni grad. Ove informacije se mogu dobiti korišćenjem društvenih mreža, kao što su Facebook i Twitter. Imajući u vidu da je svaki korisnik potencijalni generator podataka i korisnik servisa zasnovanih na njima, možemo samo zamisliti koliko podataka (mišljenja, reakcija, itd.) se generiše svake sekunde i koliko interakcija građana sa gradskim servisima se obavi na taj način. Fokus istraživanja u ovoj oblasti u poslednje vreme je u prikupljanju velikih količina podataka sa društvenih mreža, poput Twitter-a ili Facebook-a, na određenu temu, i u obradi i analizi tih podataka primenom različitih tehnika. Iako je ovaj pristup od koristi u nekim poslovnim procesima pametnog grada kao što je detekcija prirodnih nepogoda, ovaj pristup često može dati pogrešne podatke i sklon je manipulaciji jer su u njemu inicijatori svi korisnici društvenih mreža, a ne sam pametni grad. Na taj način se podaci prikupljaju od svih korisnika društvenih mreža (bez obzira na njihovu geografsku lokaciju ili povezanost sa gradom) koji su samovoljno objavljivali sadržaje na neku temu, a ne od građana koji su od interesa za funkcionisanje pametnog grada. Budući da te aktivnosti nisu inicirane od strane pametnog grada, one su od male ili nikakve koristi za upravljanje i adaptaciju funkcija, servisa i poslovnih procesa pametnog grada. U fokusu ovog istraživanja je druga dimenzija komunikacije između pametnog grada i građana, a koja se tiče korišćenja društvenih mreža na način da pametni grad inicira društvene akcije i prikuplja reakcije svojih građana na te akcije. Na taj način pametni grad bi „diktirao“ tempo i sadržaj komunikacije sa građanima, a ne građani. Pored građana pametnog grada od interesa su i njegovi posetioци (turisti, poslovni ljudi, itd.) koji koriste raspoložive servise pametnog grada. Izazov nakon prikupljanja podataka obuhvata i obradu i „ocenu“ aktivnosti pametnog grada na društvenim mrežama kao meru uspešnosti funkcionisanja pametnog grada. Prema raspoloživim podacima, trenutno ne postoji sistem za merenje uspešnosti aktivnosti i kampanja na društvenim mrežama, a on je neophodan za automatizaciju i koordinaciju sa ostalim konstitutivnim elementima pametnog grada.

Chamoso i ostali navode da su zahtevi za novim servisima pametnog grada sve češći i da kompanije koje žele da obezbede te servise često moraju da ih razvijaju od nule, umesto da

koriste ili proširuju postojeće (Chamoso et al., 2020). Kreiranje servisa treba da bude jednostavno i brzo, oni se moraju lako nadograđivati i graditi na osnovu prethodno razvijenih servisa, a takođe moraju imati mogućnost prilagođavanja novonastalim situacijama adaptiranjem svojih poslovnih procesa.

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji je definisanje metodologije i sistema koji bi integrisao poslovne procese pametnih gradova sa društvenim mrežama i IoT-om i kroz njihovu međusobnu interakciju obezbedio upravljanje i adaptaciju i rekonfiguraciju poslovnih procesa pametnog grada u cilju unapređenja servisa namenjenih građanima i posetiocima.

1.2 Cilj naučnog istraživanja

Istraživanja obavljena u okviru ove doktorske disertacije predstavljaju korišćenje i integraciju dve vrste izvora podataka u procesu automatizacije i adaptacije poslovnih procesa pametnog grada, jednih koji potiču od ljudi (građana, posetilaca) kroz društvene mreže/medije i drugih koji predstavljaju računarsko-komunikacioni uređaji koji čine IoT.

Prethodno spomenuti proces adaptacije i rekonfiguracije treba da bude automatizovan, kroz ocenu prisustva, interakcije i aktivnosti građana na društvenim mrežama, kao i komunikacije i interakcije sa sensorima/aktuatorima koji čine IoT. U okviru poslovnih procesa pametnog grada neophodno je izvršiti obradu i analizu aktivnosti pokrenutih na društvenim mrežama, kao i podataka prikupljenih sa senzora IoT uređaja (eng. Thing) i time obezbediti detektovanje događaja i stanja u periodu i oblasti od interesa. Detektovani događaji treba da obezbede pokretanje novih aktivnosti i interakcije sa građanima na društvenim mrežama, kao i odgovarajuću akciju na IoT uređajima kojom se utiče na buduće aktivnosti građana u cilju unapređenja funkcionisanja i servisa pametnog grada.

U ovom istraživanju fokus je na dvosmernoj komunikaciji sa ova dva izvora podataka u vidu prikupljanja i slanja podataka, tačnije očitavanja vrednosti podataka i aktivnosti korisnika, kao i publikovanja novih informacija u vidu pokretanja aktivnosti na društvenim mrežama ili upravljanje IoT uređajima. U procesu prikupljanja i analize podataka sa društvenih mreža akcenat je na identifikaciji kategorija društvenih akcija od interesa za pametni grad, identifikaciji sličnih društvenih akcija na različitim društvenim mrežama, pokretanju društvenih akcija (kampanja) i praćenju i prikupljanju reakcija građana, njihovoj analizi i pokretanju odgovarajućih reakcija.

Imajući u vidu da će biti prikupljen veliki broj informacija sa društvenih mreža potrebno je omogućiti merenje uspešnosti pokrenutih akcija (kampanja) kroz razvoj odgovarajućih metodologija, da bi se ti podaci mogli iskoristiti na pravi način i da bi se omogućilo upravljanje i adaptacija poslovnih procesa. U radu sa IoT-om od interesa je korišćenje svih dostupnih izvora podataka sa senzora kao i mogućnost automatske modifikacije rada IoT uređaja i pokretanje odgovarajuće akcije koja predstavlja rezultat rekonfiguracije i adaptacije poslovnih procesa pametnog grada.

Cilj istraživanja u okviru doktorske disertacije je predlog arhitekture, kao i implementacija softverske platforme, koja treba da omogući upravljanje poslovnim procesima pametnog grada koje se zasniva na interakciji sa građanima putem društvenih mreža, kao i sa fizičkim okruženjem putem IoT senzora i aktuatora. Arhitektura takođe treba da omogući adaptaciju i rekonfiguraciju ovih poslovnih procesa na osnovu analize prikupljenih podataka, ocene aktivnosti na društvenim mrežama i detektovanja događaja u fizičkom okruženju. Osnovu arhitekture čine konfigurabilni mikroservisi koji implementiraju zadatke poslovnog procesa pametnog grada kroz interakciju sa društvenim mrežama i IoT-om. Svi zadaci mikroservisa su unapred definisani i formalizovani u proširivom i deljivom formatu koji se može ponovo upotrebljavati, i koji može biti korišćen za pokretanje poslovnih procesa implementiranih ovim mikroservisima čak i od strane osoba koje nisu programeri. Svi opisi mikroservisa imaju istu definisanu formu sa svim informacijama neophodnim za njegovo funkcionisanje. Za svaki od mikroservisa potrebno je definisati skup podataka koje prikupljaju (na koje su pretplaćeni), kao i uslove koji omogućuju detektovanje događaja i stanja u društvenom i fizičkom svetu na osnovu analize ovih podataka. Takođe, treba definisati akcije koje mikroservisi obavljaju na odgovarajućoj društvenoj mreži, uređaju u IoT infrastrukturi ili na drugom mikroservisu u radnom toku poslovnog procesa.

1.3 Rezultati i naučni doprinosi disertacije

- Pregled metoda i tehnologija za interakciju sa korisnicima i ocenu njihove aktivnosti na društvenim mrežama, kao i interakciju i rekonfiguraciju uređaja koji čine IoT.
- Pregled realizovanih servisa i platformi za integraciju IoT i društvenih mreža/medija u poslovne procese pametnog grada.
- Razvoj metodologije za upravljanje poslovnim procesima pametnog grada uz pomoć izvršavanja akcija (objavljivanja kampanja/promocija) na društvenim mrežama, kao i

upravljanje i adaptacija tih poslovnih procesa na osnovu podataka prikupljenih sa društvenih mreža/medija i IoT-a.

- Razvoj metrika za analizu i ocenu reakcija na društvene akcije pokrenute na društvenim mrežama, kao i metoda za automatsko pokretanje društvenih akcija na osnovu detektovanih događaja i definisanih pravila.
- Razvoj metode za rekonfiguraciju IoT uređaja na osnovu analize prethodno prikupljenih podataka.
- Definisane metodologije za opis poslovnih procesa pametnog grada u vidu udruživanja mikroservisa koji prikupljaju podatke sa društvenih mreža i IoT uređaja, vrše analizu i detektovanje događaja i stanja od interesa i pokreću odgovarajuće akcije u društvenom i IoT «svetu».
- Definisane formalnog opisa pomenutih mikroservisa u deljivom i proširivom formatu sa svim neophodnim detaljima koji definišu životni ciklus mikroservisa na osnovu kog se oni mogu pokretati (instancirati) i povezivati, kao i razvoj softverskih alata za kreiranje ovog opisa.
- Predlog arhitekture B2S4B platforme za integraciju poslovnih procesa sa društvenim mrežama i IoT-om.
- Razvoj metoda i servisa za upravljanje, rekonfiguraciju i adaptaciju poslovnih procesa na osnovu analize društvenih aktivnosti i podataka sa IoT-a, kroz pokretanje novih društvenih akcija i publikovanje informacija, kao i rekonfiguraciju i aktuciju na IoT uređajima.
- Implementacija B2S4B platforme koja obezbeđuje integraciju navedenih mikroservisa, društvenih mreža, i IoT-a u cilju upravljanja i adaptacije poslovnih procesa na osnovu aktivnosti i događaja u društvenom i IoT «svetu».
- Evaluacija B2S4B platforme putem studije slučaja i razvoj aplikacije za upravljanje i adaptaciju poslovnog procesa pametnog grada u unapređenu mobilnosti građana pre i tokom odvijanja masovnog događaja u gradu.

1.4 Pregled disertacije

Doktorska disertacija je organizovana u jedanaest poglavlja. Prvo poglavlje je uvodno i u njemu su prikazani motivacija, predmet i cilj istraživanja, rezultati i naučni doprinosi disertacije i pregled primenjenih naučnih metoda u istoj.

Poglavlje 2 predstavlja pametne gradove kao rešenje problema nagle urbanizacije i svetski trend. Navedene su neke definicije pametnih gradova, predložena dva glavna pristupa u njihovom razvoju i to top-down i bottom-up i predstavljeni uspešni primeri pametnih gradova sa kritičkim osvrtom na iste. U daljem tekstu su predstavljene Informaciono Komunikacione Tehnologije kao glavni pokretač razvoja pametnih gradova, sa naročitim osvrtom na IoT. Predstavljene su neke definicije Interneta stvari, tehnologije koje ga podržavaju, kao i predlozi kako i gde skladištiti veliku količinu podataka koja je proistekla iz Interneta stvari. Na kraju ovog poglavlja je napravljen pregled relevantnih platformi pametnih gradova i predstavljena je uporedna tabela prema definisanim kriterijumima.

U poglavlju 3 su predstavljeni društveni mediji, njihov značaj i analiza u literaturi. Prikazano je kako se one koriste u pametnim gradovima i kakva je uloga i značaj građana kao ljudskih senzora u pametnom gradu. Pored toga definisane su i društvene akcije kao osnovne aktivnosti građana na društvenim mrežama, tipovi društvenih akcija, njihove autorizovane relacije i odnos društvenih mreža i poslovnih procesa u pametnom gradu.

B2S4B platforma je predstavljana u poglavlju 4 kao rešenje koje se može koristiti radi omogućavanja jednostavnog korišćenja potencijala društvenih mreža i Interneta stvari i integracije u poslovne procese pametnog grada. Prikazana je arhitektura ove platforme i dat je prikaz njenih modula i komponenti. U daljim poglavljima su dati detalji o glavnim elementima B2S4B platforme i to idući od prikupljanja podataka prema analizi i donošenju odluka, odnosno od dna ka vrhu.

U poglavlju 5 su predstavljeni *Društveni konektori* koji služe za prikupljanje podataka sa društvenih mreža. Definisani su metodi za analizu aktivnosti na društvenim mrežama i kreiranje i merenje društvenog toka i to: *Lokalni*, *Globalni* i *Kumulativni ishod*, kao i metrike za analizu uspešnosti kampanja na društvenim medijima. Prikazana je arhitektura *Društvenog konektora* i eksperimentalna evaluacija istog primenjujući pomenute proračune i metrike na primeru prave Facebook kampanje.

IoT konektori su predstavljeni u poglavlju 6. Navedeni su razlozi zašto je rekonfiguracija IoT uređaja važna kao i tipovi i životni ciklus rekonfiguracija IoT uređaja. U daljem tekstu je predstavljen *IoT konektor* za upravljanje i rekonfiguraciju ESP8266 uređaja. Prikazana je njegova arhitektura i predstavljene dve vrste rekonfiguracija koje su implementirane u njemu uključujući definisane procese. Ovaj konektor je evaluiran na pravim IoT uređajima u realnim uslovima, a prikazani su rezultati i njegove performanse.

Smart City Observer je predstavljen u poglavlju 7 kao centralni deo B2S4B platforme koji prikuplja podatke sa različitih izvora preko *Društvenih* i *IoT konektora* i reaguje preko istih. Prikazan je njegov životni ciklus koji se sastoji od detektovanja događaja i izvršavanja akcija. Prikazan je i *SCO lanac* koji je ustvari poslovni proces kreiran koristeći *SCO*-ove. Predstavljene su i *SCO definicije* kao formalna predstava *SCO*-ova, a dati su i primeri na osnovu kojih se mogu instancirati *SCO*-ovi.

U poglavlju 8 je prikazana rekonfiguracija poslovnih procesa koristeći B2S4B platformu koja se sastoji iz tri koraka i to: prikupljanje podataka i obrada, detekcija događaja i reakcija i prepoznavanje kompleksnih događaja i *SCO* rekonfiguracija. Na kraju je prikazano kako se podaci transformišu u B2S4B platformi kao i njihov tok.

Implementacija prototipa B2S4B platforme je prikazana u poglavlju 9. Prikazani su implementirani moduli i tehnologije koje su korišćene za njihov razvoj. Predstavljena je i evaluacija *SCO* implementacije koristeći stres test i analizu grafikona opterećenja procesora i mreže. Prikazano je kako se vrši odabir ko je najoptimalniji primalac podataka da bi se osigurala maksimalna efikasnost sistema i mogućnosti proširivanja sistema uključujući i očekivane količine podataka u prenosu među komponentama B2S4B platforme.

Poglavlje 10 predstavlja studiju slučaja i evaluaciju B2S4B platforme. Predstavljena je motivacija koja je bila pokretač implementacije. Definisani su *SCO*-ovi koji odgovaraju na potrebe motivacije i prikazani koraci koji su doveli do njihovog definisanja. Na kraju je izvršen eksperiment koristeći simulator podataka za IoT i Društvene izvore podataka, izvršavanjem *SCO*-ova u kontejnerima i primenom na pravim mikrokontrolerima koji simuliraju semafore.

Zaključak je dat u poglavlju 11 kao i pravci daljeg istraživanja.

2 TEHNOLOGIJE PAMETNIH GRADOVA

2.1 Pametni gradovi

2.1.1 Urbanizacija kao svetski trend

Širom sveta gradovi su u potrazi za rešenjima koja će omogućiti bolje saobraćajne veze, bolji kvalitet života, i doneti visoko kvalitetne servise sa dugoročnim pozitivnim efektima na ekonomiju (Albino et al., 2015).

Ekonomski faktori utiču na to da su mnogi servisi primenljiviji u gusto naseljenim prostorima, što uzrokuje njihov razvoj kao i trend urbanizacije i migracije stanovništva u urbane sredine (Martínez-Ballesté et al., 2013). Istraživanje Spanish Telecom Telefonica je pokazalo da 70% internet korisnika smatraju da su tehnološki napredniji gradovi atraktivnije mesto za život, rad i posetu (Telefonica, 2015). Gradovi postaju magnet za talentovane ljude i centri ekonomskog rasta (Deloitte, 2015). Pozitivni efekti rasta stanovnika u gradovima su pojavljivanje novih poslovnih mogućnosti i veća zaposlenost stanovništva, veća dostupnost znanja i obrazovanja, veća dostupnost različitih kulturnih sadržaja što dovodi do većeg nivoa kulture (Suzuki et al., 2010).

Iako je pre samo 200 godina, manje od 20% stanovništva živelo u urbanim sredinama, u 2007. godini ukupna populacija u gradovima je prešla 50% (3.3 milijarde) u odnosu na populaciju u ruralnim sredinama, a očekuje se uvećanje na 70% do 2050. godine (United Nations, 2008) (United Nations, 2014).

Pored rasta broja stanovnika, raste i broj gradova, i sve češće smo svedoci nastanka megagradova, koji su veliki urbani konglomerati globalnog uticaja sa značajnom lokalnom autonomijom (Sassen, 2013). Pojavljivanjem megagradova sa više od 20 miliona stanovnika u Aziji, Latinskoj Americi i Africi, potvrđena je važnost urbanih sredina kao globalnog fenomena (United Nations, 2008). Veliki uticaj na pomenute brojke ima i nagla urbanizacija Azije, gde se populacija u gradovima uvećava i za 40 miliona ljudi godišnje, naročito u Kini (Dobbs et al., 2011). Procenjuje se da će Kina imati 350 miliona ljudi više u urbanim sredinama do 2025. godine, što je više nego kompletno stanovništvo Sjedinjenih Američkih Država (Woetzel et al., 2009).

Zemlje u razvoju su naročito pogođene urbanizacijom i čine 90% urbanog razvoja širom sveta, i za njih se projektuje da će utrostručiti postojeću osnovu urbanih prostora u periodu od 2000 do 2030 (Suzuki et al., 2010). Očekuje se da ćemo u sledećih 40 godina morati da napravimo istu količinu urbanog kapaciteta za koju je našim precima bilo potrebno 4000 godina (Aoun, 2013).

Može li se na ovaj rast stanovništva reagovati blagovremeno i na održiv način? Kako će rast stanovništva uticati na zagađenja u gradu? Da li će rast uticati na promene u zajednicama i da li će zajednice biti prijatno mesto za život?

Ova pitanja treba da budu jedan od vodiča u toku transformacije klasičnog grada u pametni grad. Pametni gradovi se pojavljuju kao inicijativa kojom će se umanjiti ili ukloniti ovi negativni efekti i unaprediti kvalitet života u gradovima širom sveta.

2.1.2 Definicije pametnog grada i njegove preteče

U poslednjih 20-tak godina, koncept pametnih gradova je sve popularniji u naučnim krugovima kao i u javnosti (Mori and Christodoulou, 2012). Viziju pametnih gradova kao urbanih centara budućnosti prezentovali su još početkom 2000. godine u svom radu Hall i ostali (Hall et al., 2000) u kojoj je pametni grad predstavljen kao sigurno ekološko mesto, dizajniran razvijen i održavan korišćenjem naprednih integrisanih materijala, senzora, elektronike i mreža, koje povezuju kompjuterske sisteme, baze podataka i raznovrsne algoritme za donošenje odluka.

Hollands (2008) navodi da postoji problem u mešanju termina pametni grad (eng. Smart city - SC) sa terminima kao što su "cyber city", "digital city", "wired city" i "knowledge city" jer ovi pomenuti termini imaju različito značenje kao i da se u različitoj meri oslanjaju na tehnologije i druge resurse. *Wired city* je imao za cilj da koristi telekomunikacione tehnologije za obezbeđivanje velike količine podataka i informacija domovima i kompanijama korišćenjem "informativnih autoputeva" koji bi kreirali društvo bazirano na komunikacijama (Clarke, 2013). *Digital city* (Ishida and Isbister, 2000)(Dameri and Cocchia, 2013) je tehnološki definisan grad koji koristi broadband infrastrukturu za podršku e-Upravi i "globalnom okruženju za javne transakcije" (Mitchell, 2000). *Ecocity* je ekološki zdrav grad u kome građani moraju živeti u harmoniji sa prirodom i ostvariti održiv razvoj (Alusi et al., 2011). Komninos (2013) definiše *Intelligent city* kao „višeslojni teritorijalni sistem za inovaciju sa velikim mogućnostima za učenje“ koji čine digitalne mreže, individualni intelektualni kapital

i društveni kapital grada, koji zajedno čine kolektivnu inteligenciju. Ekonomska konkurentnost i inovacije nastale iz ekonomije bazirane na znanju omogućavajući mu da generiše „prostornu konkurentnu prednost“ kroz industrijske distrikte, regione i klastere za učenje koji proizvode sofisticirane R&D, i koje su podržane od strane digitalnih mreža i veštačke inteligencije (Komninos, 2006, 2008). Cocchia analizira upotrebu termina *Smart city* i *Digital city* u literaturi dostupnoj od 1993. do 2012. godine i navodi ih kao najfrekventnije termine koji su indikatori "pametnosti" grada (Cocchia, 2014).

Postoji veliki broj definicija pametnog grada u literaturi i one se u njoj ne koriste dosledno (Tranos and Gertner, 2012). Grad je pametan kada investiranjem u (i) ljude i društveni kapital, (ii) tradicionalnu infrastrukturu i (iii) remetilačke tehnologije, pomaže održivi razvoj ekonomije i visokog kvaliteta života, sa mudrim upravljanjem prirodnim resursima, uz učešće vlasti (Deloitte, 2015). Aoun (2013) definiše pametni grad kao zajednicu koja je efikasna, dobro mesto za život i koja je održiva – u kojoj se sva ova tri elementa međusobno prožimaju. Hollands (2015) navodi da pametni grad čine IT uređaji, industrija i biznis, uprava i urbani servisi, naselja i ljudi, edukacija, građevine, stil života, transport i okruženje. Na kraju, pametni gradovi su rezultat učešća velikog broja činioaca pametnog grada, koji rade zajedno u partnerstvu različitog oblika i forme, a u čijem je centru korisnik/građanin (Delotte, 2015).

2.1.3 Transformacija iz običnog u pametni grad

Na pametne gradove ne treba nužno gledati kao na gradove budućnosti, oni mogu biti gradovi sadašnjosti, što se postiže tranzicijom postojećih gradova u pametne gradove. Transformisanje urbanih sredina u pametne gradove predstavlja ambiciju koju lokalne i regionalne vlasti pokušavaju da ostvare razvijanjem strategija koje omogućuju urbanu održivost koristeći IKT rešenja (Mora et al., 2019).

Vizija pametnog grada i njegovo spajanje sa lokalnim i globalnim političkim ekonomijama i primena u praksi se razlikuje od mesta do mesta, pa tako razvoj pametnog grada, na primer u Indiji i Kini, iako ima sličnu retoriku i tehnologije, razlikuje se od razvoja pametnog grada u Filadelfiji i Dublinu (Kitchin, 2015).

Gradovi aktivno razvijaju strategije sa ciljem da postanu „pametni“ i da upravljaju resursima grada uspešnije, odgovarajući na izazove razvoja i inkluzije (Clarke, 2013). Svaki grad može

postati pametniji, a pametni grad koristi pametne sisteme koji rade u korist stanovnika i okoline (Aoun, 2013).

Cilj pametnih gradova je da transformišu ruralne i urbane prostore u mesta demokratske inovacije (Von Hippel, 2006). Kompleksnost društvenih ekosistema u pametnom gradu se uvećava i time čini održivost veoma važnim faktorom, a ekosistem u celini doživljava velike promene na koje utiču novi trendovi u ekonomiji, velika stopa urbanizacije, klimatske promene i rast populacije (Clarke, 2013).

Deloitte (2015) navodi da su glavni sastojci pametnih gradova tehnologija, podaci i pametni ljudi, a da je izazov koristiti moć podataka za kreiranje pametnih rešenja koji rešavaju potrebe građana.

Pametnost gradova se ne ogleda samo u tome kako mogu da automatizuju operacije i servise individualnim osobama, zgradama ili saobraćajnim sistemima, već i na način koji nam omogućava da pratimo, razumemo, analiziramo i planiramo grad da bismo unapredili efikasnost, pravednost i kvalitet života građana u realnom vremenu (Batty et al., 2012).

Očekuje se da će tržište pametnih gradova dostići godišnju potrošnju od oko 16 milijardi dolara do 2020 godine (Joshi et al., 2016).

Cisco je poseban deo svog korporativnog sajta posvetio seriji video snimaka sa detaljnim prikazom kako razviti grad 21. veka od početka do kraja (City of the Future: Songdo, South Korea | The Network, n.d.).

2.1.4 Primeri pametnih gradova

U ovom poglavlju su obrađena dva principa izgradnje pametnih gradova i to tranzicioni pristup i pristup razvoja novog pametnog grada. Ova dva principa se mogu posmatrati i kao:

1. Top-down model – koji zahteva planiranje, dizajniranje i razvoj pametnih gradova na osnovu pripremljenih planova.
2. Bottom-up model – koji uključuje transformaciju postojećih gradova u pametne uvođenjem pametnih inicijativa. U ovom pristupu ljudi i građani su agenti promena u pametnom gradu (Rodríguez-Bolívar, 2015).

2.1.4.1 *Primeri top-down modela*

Songdo International Business District (IBD) je pametni i održivi grad koji postavlja nova pravila urbanog razvoja i razvoja budućih pametnih gradova i čiji ekosistem koji se prostire na 6 km² izgrađuju njegovi građani, poslovni svet i posetioци (Songdo IBD, n.d.). Grad se razvija od 2001. godine u partnerstvu Incheon Metropolitan City, Gale International property developer i POSCO Engineering and Construction. Tehnološki partneri kao što su Cisco, 3M i Arup obezbeđuju inovativna IKT rešenja koja ga pokreću. Grad je 56km udaljen od Seula, a blizu je glavnih Azijskih tehnoloških habova kao što su Šangaj, Tokio i Hong Kong. Do 2016. godine u gradu je živelo oko 36000 ljudi, postojalo oko 1000 ugostiteljskih objekata i prodavnica, preko 1600 domaćih i globalnih kompanija sa preko 60000 zaposlenih. Sve ključne urbane ustanove su raspoređene tako da od jedne do druge ne treba više od 12.5 minuta hoda (Swilling et al., 2013). Grad je pokriven sa 25km biciklističkih staza, zgrade imaju punjače za električne automobile i u podzemnim garažama se mogu iznajmiti električna vozila (The Songdo IBD Wants to Say Goodbye to Cars, 2019). Arhitektonska kuća KPF je na svom korporativnom sajtu predstavila master plan projekta Songdo-a (KPF, n.d.). Fokus Songdo-a je da okupi međunarodnu zajednicu svetske klase za učešće u svojim industrijskim sektorima biomedicine, high-tech industrija, finansija ili internacionalnih trgovina kao i ostale (Benedikt, 2016). Da bi uspeali da okupe vrhunske stručnjake iz celog sveta, radili su na otvaranju ogranaka vrhunskih svetskih univerziteta, od kojih su 4 otvorila svoje ogranke kampusa do 2016. godine (State University of New York, George Mason University, Ghent University i University of Utah) (Kolotouchkina and Seiseddos, 2018).

Masdar je pametni grad koji se izgrađuje u Ujedinjenim Arapskim Emiratima (UAE) u Abu Dabiju. On se razvija kao „oaza budućnosti“ sa planom da bude prvi održivi, obnovljivi klaster (Hollands, 2015). U pitanju je najpoznatiji i najkritikovaniji projekat pametnog grada do danas (Alusi et al., 2011). Projekat je pokrenut 2006. godine od strane kompanije Abu Dhabi Future Energy Company. Napravljen je na površini od 700 hektara i udaljen 17km od glavnog grada Abu Dabija i u blizini glavnog aerodroma i podržava tranziciju UAE ka ekonomiji baziranoj na znanju. Planirano je da se Masdar napaja energijom generisanom iz solarnih panela, kao i drugim obnovljivim vidovima energije sa održivim i ekološki čistim urbanim metabolizmom (Cugurullo, 2013). Pored solarnih panela, Masdar koristi i druge vidove čistih tehnologija kao što su snaga vetra, sakupljanje ugljenika, otpad-u-energiju, desalinizacija vode, skladištenje električne i toplotne energije. Prilagođen je šetnji i lakom kretanju integrišući nisko zagađujuće opcije prevoza sa inovativnim rešenjima za grupni i pojedinačni transport. Više od 90%

građevinskog otpada se reciklira i ponovo koristi, a zgrade u Masdaru su dizajnirane da budu bar 40% više energetske efikasne od konvencionalnih zgrada. Strategija Masdara je da postane zajednica naučnika i pametnih ljudi. Više od 500 studenata pohađaju postdiplomske i master kurseve na Institute of Science and Technology, a cilj mu je da do 2030. godine u njemu bude naseljeno 50 000 stanovnika i 40 000 profesionalaca i studenata. Iako se radi na tome da se naseljava, stanovnici Masdara ne mogu posedovati nekretninu u njemu (Kolotouchkina and Seiseddos, 2018). Masdar češće nastupa kao brend, a ne kao grad, pa tako je do 2012. godine Masdar City imao svoj društveni profil na twitter-u, ali je od tada sva aktivnost usmerena na korporativni nalog (Kolotouchkina and Seiseddos, 2018).

Living PlanIT Valley je prototip pametnog grada planiran u opštini Peredes, udaljen oko 10 milja od centra Porta u Portugalu osmišljen od strane kompanije Living PlanIT. Kompanija je 2008. godine kupila oko 4200 hektara zemljišta od vlade sa ciljem da projekat bude završen do 2015. godine gde su planirali naseljavanje oko 150 000 građana (Alusi et al., 2011). Njihov cilj je da izgrade najzeleniji grad od nule i da uspostave evropsku alternativu Silikonskoj Dolini kao i šablon za izgradnju novih gradova sa niskom emisijom ugljen dioksida. Glavna razlika u odnosu na tehnološke parkove i kampuse Silikonske Doline je u tome što se ovde radi na integraciji kompanija, obrazovanja i vlade u urbano okruženje (Rodríguez-Bolívar, 2015). Projekat je prepoznat kao „projekat od nacionalnog interesa“ od strane vlade Portugala, uz podršku na svim nivoima, kao i od opštine Paredes i različitih nacionalnih agencija u Lisabonu. PlanIT Valley je uspostavio partnerstvo sa nekim od najpoznatijih kompanija uključujući Cisco, Accenture, Buro Happold, McLaren Electronic Systems i ostale. Cilj je da ove kompanije sarađujući razvijaju gradska-rešenja i tehnologije kojima bi rešavali slične probleme bilo gde (Alusi et al., 2011).

Skolkovo je prototip grada budućnosti, više od tehnološkog parka, on je grad sa svim svojim funkcijama (Skolkovo Community, n.d.). Skolkovo je naučno inovacioni projekat pokrenut od strane vlade Rusije preko neprofitabilne Skolkovo fondacije u 2010. godini. Cilj mu je da unapredi održivi ekosistem poslovne inovacije i preduzetništva u ključnim strateškim klasterima energetske efikasnosti, strateških kompjuterskih tehnologija, biomedicine, nuklearne i ostalih tehnologija (Kolotouchkina and Seiseddos, 2018). Kičmu grada čine Univerzitet i Tehnopark, a Innovation Centre planira da obezbedi optimalne uslove za istraživače i biznise, kao i da obezbedi ugodno i lepo okruženje koje će odgovarati i građanima i posetiocima. Na prostoru od 400 hektara u moskovskom regionu Odintsovo moći će da se naseli 20 000 ljudi, dok će ukupan broj zaposlenih biti do 30 000. Skolkovo je planiran kao

energetski efikasan grad sa minimalnim ili nultim zagađenjem i koji obezbeđuje potpunu reciklažu otpada. Bar 50% energije koju koristi grad će biti proizvedeno iz obnovljivih izvora energije. Optimizovana je i potrošnja vode koja je znatno ispod standarda Rusije ne umanjujući komoditet građanima. Vozila sa unutrašnjim sagorevanjem su zabranjena u gradu, a zgrade koje se grade će više energije proizvoditi nego trošiti. Veliki broj svetskih tehnoloških kompanija su postale partneri Skolkova, a među njima najpoznatiji su Cisco, Boeing, Jonson&Jonson, IBM, Intel, Microsoft, Siemens, Nokia i Samsung (Skolkovo Community, n.d.). Skolkovo Foundation aktivno koristi društvene mreže za sopstvenu promociju informišući pratioce o ključnim inovacionim milestoneima, poslovnim aktivnostima kao i njihovim društvenim aktivnostima (Kolotouchkina and Seiseddos, 2018).

Dongtan City u Kini je jedan od pionirskih projekata održivih gradova o kome postoji veliki broj članaka. Originalni cilj ovog projekta je bio izgradnja održivog grada, bez automobila, koji se napaja obnovljivom energijom i reciklira vodu i u kome će biti naseljeno 25000 stanovnika do 2010. i 500 000 stanovnika do 2050. (Alusi et al., 2011). Šangaj je 2005. godine dao zemlju Chongming Island-a kompaniji Shanghai Industrial Investment Company (SIIC) koji je udaljen oko 9 milja od šangajskog finansijskog distrikta i prostire se na 33 kvadratne milje. Kreator ovog projekta je SIIC, koji je ujedno i drugi po redu najveći posednik nekretnina u Kini, i jedini je odgovoran za odabir kompanija koje će u njemu učestvovati. Neke od kompanija koje su radile na ovom projektu su McKinsey, Arup, HSBC i druge. Preko milijardu dolara je utrošeno na kreiranje saobraćajnih veza Dongtana sa Šangajem. Od 2010. Godine ovaj projekat slabo napreduje.

Sino-Singapore Tianjin Eco-City je pokrenula kineska vlada već 2007. godine, nekoliko godina nakon pokretanja projekta Dongtan. On je udaljen oko 40 kilometara od Tianjin-a, 140 kilometara od Pekinga i manje od 10 minuta vožnje od Tianjin Economic-Technological Development Area (TEDA). Vizija grada je da bude „Uspešan grad koji je društveno skladan, ekološki i resursno efikasan – model za održivi razvoj“. Ova vizija se okreće oko koncepta „Tri Sposobnosti“ (Praktičnosti, Proširivosti i Replikacije) i „Tri Harmonije“ (Ljudi žive u harmoniji sa drugim ljudima, ljudi žive u harmoniji sa ekonomskim aktivnostima, ljudi žive u harmoniji sa okruženjem) (Tianjin Eco-City, n.d.). Plan grada vezan za održivi razvoj uključuje šest dimenzija: inteligentni grad, čista voda, ekologija, čisto okruženje, čista energija i zelena gradnja (Alusi et al., 2011). Kineska vlada je ispravila greške koje je naučila na Dongtanu, pa je Tanjin Eco-City udružena saradnja između kineskog i singapurškog konzorcijuma pod imenom Sino-Singapore Tianjin Eco-City (SSTEC). U razvoj su uključene i tehnološke

kompanije kroz strateška partnerstva kao što su Hitachi, Philips, Samsung i STSE Engineering Services Pte Ltd. Prema Wang Bao, kineskom aktivisti, Tianjin ecocity ima realističan dizajn i očekivanja, čineći ga najperspektivnijim ecocity projektom u Kini do sada (Alusi et al., 2011).

2.1.4.2 *Primeri bottom-up modela*

Cohen (2012) je predstavio listu top 10 pametnih gradova 2012 godine. Na vrhu liste je Beč rangiran po različitim kriterijumima uključujući inovaciju, kvalitet života, nivo očuvanja životne sredine, digitalnu upravu, a za njim se nalaze Toronto, Pariz, Njujork, London, Tokio, Berlin, Kopenhagen, Honk Kong i Barselona.

Primer partnerstva između privrede i vlasti, istraživačkih institucija i građana na razvijanju pametnog grada sa fokusom na stil života, rad, mobilnost, javne servise i otvorenost podataka je **Amsterdam Smart City** (amsterdamsmartcity.com) (Meijer and Bolívar, 2016). Ova inicijativa je dobar primer kako da se unaprede život i ekonomski uslovi i smanji emisija ugljenika (Kirby, 2013). Amsterdamov plan da se transformiše u održivi grad se zasniva na dva principa: da omogući činiocima da primene inovativne tehnologije, i da stimuliše promenu ponašanja kod građana. Iako su inovativne tehnologije važan činilac, one nisu najvažnije i njihova primena nije sa ciljem obezbeđivanja tehničkih rešenja kao što je u slučaju top-down modela pametnih gradova već da kroz saradnju i partnerstvo sa činiocima grada i zajednicom razviju održiva i pametna rešenja (Yigitcanlar et al., 2019). Amsterdam kao primer grada u tranziciji ka pametnom je definisao četiri oblasti oko ideje održivosti, a to su: održivi život, održivi rad, održivo kretanje i održivi javni prostor. Svoje pametne projekte je bazirao na ovim oblastima sa ciljem da se unapredi i transformiše u pametni grad u bliskoj budućnosti (Martínez-Ballesté et al., 2013).

Komninos i ostali ističu Barselonu, Mančester i Solun zbog svojih karakteristika kako sledi u daljem tekstu (Komninos et al., 2013b). Pored njih predstavljeni su i Smart Santander i Helsinki.

Barselona. Grad Barselona je primer transformacije tradicionalne aglomeracije u gradsku metropolu 21. veka. Zbog svojih politika vezanih za urbano planiranje, Barselona se smatra vodećim metropolisom Evrope.

Mančester. Krajem 20. veka gradovi kao što je Mančester koji su imali epitet modernih industrijskih centara su se suočili sa velikim izazovom kako da reaguju na masovna restrukturiranja ekonomije koja su se odvijala. Mančester je morao da reaguje na najveće stope nezaposlenosti, a u isto vreme je hteo da razvija inovativna i praktična rešenja koja mogu doneti

ekonomske i društvene koristi ljudima. Njegova je ideja kreiranje inkluzivnog, kreativnog i održivog grada korišćenjem digitalnih tehnologija, aplikacija i servisa, i posvećenost otvorenim inovacijama i zajedničkoj proizvodnji novih i inovativnih usluga (Carter, 2013).

Inteligentni Solun je primer kako širokopojasne mreže, pametni urbani prostori, web aplikacije, i e-servisi pomažu svakom delu grada da se pozabavi svojim specifičnim ciljevima konkurentnosti i održivog razvoja. Njegova strategija ovakvog razvoja je da stimuliše budući razvoj grada imajući u vidu pametno okruženje i okruge, kao i probleme i „uska grla“ koja utiču na ovu transformaciju grada (Komninos and Tsarchopoulos, 2013).

Smart Santander. Španski grad Santander je jedan od najvećih eksperimentalnih implementacija pametnog grada na svetu. Koristeći finansijsku pomoć Evropske unije, konzorcijum od 25 partnera je grad Santander pretvorio u živu laboratoriju. Na prostoru od 21500000 m² je postavljeno više od 15 000 senzora. Senzori su obezbeđivali različite tipove podataka od onih koji su posmatrali okruženje (nivo CO₂, svetlost, temperatura, buka, itd.) do informacija o zauzetosti parkinga (Cheng et al., 2015). Koristeći IoT tehnologije ovaj projekat obezbeđuje zajednici istraživača platformu za eksperimentisanje i evaluaciju korišćenja IoT-a u realnim uslovima (Sanchez et al., 2014).

Helsinki. Da bi stimulisali lokalne developere za razvoj aplikacija za pametni grad i da bi podsticali razvoj Mobile Application Cluster-a, grad Helsinki je odlučio da otvori baze podataka gradskih javnih ustanova i da dozvoli njihov pristup javnosti (Hielkema and Hongisto, 2013). Helsinki je vodeći Living Labs prostor u svetu u kome kompanije mogu da se susretnu sa svojim svakodnevnim korisnicima u njihovim svakodnevnim okruženjima uz pomoć obrazovanih i stručnih istraživača i konsultanata da bi istraživali, razvijali i inovirali. Finska vlada koristi Living Labs za stimulisanje inovacije, ideja, razvoja i predstavljanja servisa okrenutih prema korisniku. Helsinki je organizovao takmičenje u razvoju aplikacija i omogućio bilo kom da učestvuje, pa je konkurencijom dobio veliki broj ideja i podigao svest o novim mogućnostima koje nudi Open Data. Nove kompanije i „mala i srednja preduzeća“ u Mobile Application Cluster-u koji koriste Open Data za otvaranje novih tržišta su dokaz snage pametnog grada.

2.1.5 Kritički osvrt na pametne gradove

Gradovi nesumnjivo dele slične forme i sisteme, ali takođe imaju različitu istoriju, kulturu, političku ekonomiju i raznovrsne forme kapitalizma koje utiču na oblikovanje urbanog i ekonomskog razvoja i odnosa između države, tržišta i društva (Kitchin, 2015). Gradovi su kompleksni sistemi koje karakteriše ogroman broj međusobno povezanih građana, kompanija, različitih načina transporta, komunikacionih mreža i servisa (Neirotti et al., 2014). Oni privlače privredu i kapital i time čine temelj za obezbeđivanje ekonomske stabilnosti građanima.

Hollands (2008) ističe da je ideja pametnih gradova visoko ideološki koncept koji skriva određene probleme i izazove, a koji se oslanja na IT koje vidi kao rešenje da gradove učini ekonomičnijim, prosperitetnijim i uspešnijim. Iako gradovi zauzimaju samo 2% površine planete, oni okupljaju polovinu svetske populacije, koriste 75% naših energetske resursa i emituju oko 80% ugljenika koji šteti našem okruženju (Aoun, 2013). Devedesetih se pojavio koncept *smart growth* koji je bio snažna reakcija vlade i društva na trend problema gužvi u saobraćaju, zagađenja vazduha, manjka slobodnog prostora i smanjenja troškova (Nam and Pardo, 2011). Nagla urbanizacija i povećanje koncentracije stanovništva u gradovima dovela je do većih saobraćajnih gužvi, veće zagađenosti vazduha, veće proizvodnje otpada, slabije energetske efikasnosti, socio-ekonomskih izazova i slično, što može uticati na manji kvalitet zdravlja i uslova za život (Suzuki et al., 2010) kao i povećanje društvene nejednakosti (Kim and Han, 2012). Uvećanje broja ljudi u gradovima je uzrokovalo potrebu za iznalaženjem rešenja za održivost vode, energije, hrane i smanjenje zagađenja. Pomenuta održivost se može definisati kao način ekonomskog i društvenog razvoja bez potrebe za remećenjem okruženja (Joshi et al., 2016). Sennett (2012) komentarišući južnokorejski Songdo i Masdar u Ujedinjenim Arapskim Emiratima navodi da postoji opasnost da bogati informacijama, pametni gradovi, neće učiniti ništa da navedu ljude da se brinu o sebi i komuniciraju jedni sa drugima. Landry predlaže da gradovi treba da budu ekološki zeleni i sigurni, ali takođe i da imaju privlačne kulturne aktivnosti, kao i da političari ne treba da rade na kreiranju najboljeg grada na svetu već na kreiranju najboljeg grada za svet (Landry, 2006). Martinez-Balleste i ostali ističu problem privatnosti u pametnim gradovima jer je tehnologija koja se koristi u pametnim gradovima idealna za napadače koji mogu presresti podatke i kompromitovati ih, a ogromna količina dostupnih podataka može kreirati efekat Velikog Brata (Martínez-Ballesté et al., 2013). Serijal filmova o Terminatoru je dobar prikaz šta se može desiti kada mašine ovladaju, a filmovi kao što su *Equilibrium*, *Bladerunner* i *Minority Report* su tehnološka kritika

i takođe ukazuju na probleme sa IT-om i njegovom vezom sa urbanom privatnošću, sigurnošću i hiper-potrošnjom. Pored njih postoji i indijski film *Smart City* (2006) koji ističe konflikt između lokalne mafije, graditelja nekretnina i vlade u izgradnji pametnog grada (Hollands, 2015).

Navedeni kritički pristupi nam pomažu da primetimo činjenicu da napredak u tehnologiji može imati i svoje loše strane kao što su uvećana društvena polarizacija ili smanjen osećaj kontrole nad svojim životom kod građana.

2.2 Informaciono komunikacione tehnologije i građani kao podrška pametnom gradu

Gradovi koji uspešno vrše tranziciju u „pametne“ će biti oni koji unaprede svoje kritične sisteme kombinovanjem sistema fokusiranog na pristup, sa onim fokusiranim na podatke (Aoun, 2013). Informaciono Komunikacione Tehnologije (IKT), (eng. Information and Communications Technologies - ICT) su jedan od najvažnijih pokretača inicijativa pametnog grada (Hollands, 2008), a razvoj interneta je u velikoj meri uticao na život ljudi, kao pouzdan medij za komunikaciju, u procesu obezbeđivanja informacija i servisa pametnom gradu. Korišćenje IKT-a može sa sigurnošću da poveća standard i kvalitet života, ali se takođe suočava sa velikim izazovima (Odendaal, 2003). Razvoj IKT-a je doveo i do nastanka IoT sa ciljem unapređenja kvaliteta života obezbeđujući interakciju između stvari, ljudi i organizacija.

Neirotti i ostali navode da je karakteristika pametnih gradova veliko korišćenje IKT-a, koji u različitim domenima pomaže gradovima da bolje raspolazu svojim resursima (Neirotti et al., 2014). Države se bore za investicije, talente i povećanje turizma, a jedan od važnih faktora koji može osigurati uspeh u tome je upotreba tehnologije (Martínez-Ballesté et al., 2013). Iako nijedno kompletno rešenje ne definiše pametni grad, tehnologije koje se danas koriste su delovi slagalice pametnog grada (Aoun, 2013). Brutti i ostali (Brutti et al., 2019) navode da IKT omogućava pametnom gradu da: informacije, podatke, ljude i organizacije čini pametnim; obnavlja veze među vladom, privatnim sektorom, neprofitnim organizacijama, zajednicama i građanima; obezbeđuje sinergiju i interoperabilnost unutar različitih domena i sistema grada; i podstiče inovativnost.

Iako je važnost IKT-a za pametne gradove neupitna oni se ne smeju slepo oslanjati samo na IT verujući da IT može automatski da transformiše i unapredi gradove već se moraju takođe posvetiti ljudima i ljudskom kapitalu koji je značajan faktor te jednačine (Hollands, 2008).

Uspeh pametnog grada takođe zavisi i od građana koji su spremni da doprinesu njegovom razvoju. Coe i ostali kažu da su dobri odnosi u zajednici, a ne kablovi, pravo vezivno tkivo pametnog grada (Coe et al., 2001). Jedan od glavnih faktora u svakoj uspešnoj zajednici su ljudi i način na koji oni imaju interakciju, a uspešnost informacionih tehnologija nije u njihovom kapacitetu da automatski kreiraju pametna okruženja već u mogućnosti da se koriste u zajednici na način da edukuju ljude i da im pomažu da unaprede svoje okruženje (Hollands, 2008).

Meijer i Bolivar u svom radu (Meijer and Bolívar, 2016) navode da menadžeri gradova treba da budu svesni da tehnologija sama po sebi ne može učiniti gradove pametnim, već da je za pametne gradove potrebno političko razumevanje tehnologije, pristup procesu za upravljanje pametnim gradovima i fokus na ekonomsku dobit i ostalim javnim vrednostima.

Rodríguez-Bolívar (2015) ističe da bottom-up model razvoja pametnih gradova uključuje oslanjanje na pametne uređaje koje nose ljudi, a ne samo na formalne sisteme ugrađene u infrastrukturu, građanin-građanin (citizen-to-citizen) komunikaciju, izgradnju vladinih privatnih repozitorijuma podataka, i osluškivanje građana i njihovih vizija pametnog grada. Hollands (2015) navodi da pametne gradove moraju naseljavati pametni ljudi za šta je potreban pristup vrhunskom sistemu obrazovanja da bi ljudi bili u stanju da što bolje koriste inteligentne tehnologije.

Postoji više identifikovanih uloga u kojima građani mogu da učestvuju u pametnom gradu ili koriste njegove usluge, a Deloitte (2015) identifikuje šest uloga i to: *glasač, partner, kupac, subjekat, onaj koji plaća porez, građanin*. Međutim nisu samo građani oni koji koriste usluge pametnog grada, ostale kategorije od interesa uključuju *turiste*, ljude koji rade u gradu i koriste usluge grada redovno a žive negde drugde, kao i ljude koji žive u regionu i povremeno koriste usluge grada. Uspešna strategija razvoja pametnih gradova treba da se pozabavi svim pomenutim kategorijama.

Lytras i Visvizi dele građane korisnike usluga pametnog grada u tri grupe: *zagovornike, zabrinute i apatične*. Oni takođe iznose da su njihova istraživanja pokazala da i kod najzainteresovanijih i najobrazovanijih korisnika postoji određeni nivo zabrinutosti kada je u pitanju spremnost da koriste usluge pametnog grada koje uključuju sigurnost, pristupačnost, efikasnost tih servisa (Lytras and Visvizi, 2018). Većina glavnih gradova u Evropi se fokusira na uključivanje građana, podržane novim tehnologijama, uključujući ih i u donošenje odluka što je mnogo više od jednostavne uloge glasača (Willems et al., 2017). Jedan od ciljeva pametnog

grada je i uključivanje građana u proces razvoja i planiranja grada i informisanja građana o njihovom okruženju radi unapređivanja kvaliteta života (Nam and Pardo, 2011).

Kourtit i Nijkamp (2012a) tvrde da pametni gradovi treba da budu podržani od strane odgovarajućih struktura uprave od poverenja i od strane kreativnih ljudi širokih shvatanja, koji su stava da se udruženim snagama može uvećati lokalna produktivnost i ubrzati ekonomski rast. Političke i kulturne razlike i manjak međusobne saradnje su neke od organizacionih barijera koje stoje kao izazovi razvoja pametnog grada (Ebrahim and Irani, 2005).

Na kraju, pametni gradovi imaju veliku produktivnost jer u njima živi značajan broj stanovništva sa visokim obrazovanjem, ima veliki broj poslova koji zahtevaju posebna znanja, imaju kreativne aktivnosti i inicijative orijentisane ka samoodrživosti (Kourtit et al., 2012b).

2.3 IoT u pametnim gradovima

2.3.1 Šta čini IoT?

Termin "IoT" je prvi put korišćen u MIT Auto-ID centru još 1999. godine (Ashton, 2009), dok je kasnije Internacionalna Telekomunikaciona Unija (ITU) formalno uvela koncept IoT-a 2005. godine (International Telecommunication Union, 2005). IoT je privukao veliku pažnju akademske zajednice kao i poslovnog sveta nudeći veliki potencijal, a njegova glavna snaga je veliki uticaj koji ima na svakodnevni život i ponašanje potencijalnih korisnika (Atzori et al., 2010). US National Intelligence Council (NIC) tvrdi da će do 2025. godine internet čvorovi biti deo svakodnevnih stvari, tj., pakovanja hrane, nameštaja, dokumentacije i sličnog (National Intelligence Council, 2008). Trend rasta broja IoT uređaja je bio veliki iz godine u godinu, pa je prema Gartneru, 8.4 milijarde povezanih IoT uređaja se koristilo u 2017. godini, što je 31% više nego 2016. godine, a očekivano je da će dostići 20.4 milijardi do 2020. godine (8.4 Billion Connected Things Will Be in Use 2017, 2017). Međutim, globalna nestašica mikročipova aktuelna od 2020. godine je znatno usporila ovaj trend rasta, pa IoT Analytics (IoT Analytics GmbH, 2022) u svom izveštaju tvrdi da je broj IoT konekcija porastao za samo 8% u 2021. godini na 12.2 milijarde krajnjih tačaka što čini manji rast nego prethodnih godina.

U IoT-u i fizički objekti postaju virtuelni, što znači da svaka stvar postaje deo interneta sa mogućnošću da bude adresirana, locirana i čitljiva. Ovi virtuelni entiteti mogu da kreiraju ili koriste servise i da sarađuju da bi ostvarili zajednički cilj (Atzori et al., 2014). Weiser i ostali

definišu „pametno okruženje“ kao fizički svet koji je duboko i nevidljivo protkan sensorima, aktuatorima, displejima i računarskim elementima, prisutan u svakodnevnicima našeg života i povezan korišćenjem neprekidne mreže (Weiser et al., 1999).

Hassan i ostali su temeljno predstavili upotrebu IoT-a u svim sferama života uključujući zdravstvo, ekonomiju, pametne gradove, industriju i infrastrukturne aplikacije (Hassan et al., 2020). Predstavili su postojeće koncepte IoT-a, tehnologije i protokole koji se koriste za IoT prikazujući njihove dobre i loše strane kao i moguća unapređenja.

Iako postoji mnogo literature o IoT-u, ne postoji konsenzus o unificiranoj definiciji šta je IoT. Semantičko značenje IoT-a je da je to „*svetski raširena mreža međusobno povezanih objekata koji su unikatno adresirani i koji koriste standardne komunikacione protokole*“, što znači da je u pitanju veliki broj heterogenih objekata koji su uključeni u taj proces (EPoSS, 2008).

Atzori i ostali klasifikuju glavne koncepte, tehnologije i standarde koji zajedno čine IoT paradigmu na „orijentisane prema IoT uređajima“ (senzori), „semantički orijentisane“ (znanje) i „internet orijentisane“ (Atzori et al., 2010). Kada kažu „orijentisanim prema IoT uređajima“ misle se na komponente koje povezuju stvarni svet sa digitalnim svetom. U suštini svi tipovi objekata iz realnog sveta mogu biti inkorporirani u IoT preko neke od tehnologija kao što su: Radio-frequency identification (RFID), Electronic Product Code (EPC), Unique Identifier (UID), Near Field Communication (NFC), Wireless Identification and Sensing Platform (WISP) itd. (Toma et al., 2009). Ideja iza „semantički orijentisane“ IoT vizije je rešila probleme predstavljanja, čuvanja, organizacije, međusobnog povezivanja, pretraživanja i organizovanja podataka koje generiše IoT. Količina objekata koji će biti uključeni u IoT je sve veća, što će pokrenuti mnoga pitanja i probleme. Oni takođe predlažu set koraka potrebnih za njihovo prevazilaženje a koji uključuju modelovanje rešenja za opisivanje IoT uređaja, rezonovanje podataka generisanih od strane IoT-a, okruženja za semantičko izvršavanje i arhitekture koje podržavaju IoT zahteve, kao i skalabilno čuvanje i informacionu infrastrukturu. Na kraju, „internet orijentisane“ tehnologije omogućavaju pristupanje IoT objektima sa bilo koje lokacije. Ovde se prvenstveno mislilo na IP protokol kao mrežnu tehnologiju za povezivanje pametnih objekata širom sveta.

Gubbi i ostali definišu tri IoT komponente koje omogućavaju IoT: 1) *hardver* – senzori, aktuatori i komunikacioni uređaji, 2) *middleware* – alati za skladištenje i obradu podataka, a koji se koriste za njihovu analizu i rade na zahtev, i 3) *prezentacija* – alati za vizuelizaciju i

interpretaciju, napredni i jednostavni za razumevanje, kojima se može pristupiti na različitim platformama i mogu se koristiti u različitim aplikacijama (Gubbi et al., 2013).

U daljem tekstu koristimo termin *IoT svet* da označimo svet IoT uređaja analogno *društvenom svetu* (eng. Social world) definisanom u (Buregio et al., 2015).

2.3.2 Tehnologije koje omogućavaju IoT

Postoji veliki broj tehnologija koje se koriste kao podrška IoT-u. U ovom radu nisu nabrojane sve postojeće tehnologije već samo istaknute najvažnije radi boljeg razumevanja rada i terminologije.

Dvadeset pet kompanija je u septembru 2008 osnovalo IPSO (IP for Smart Objects) alijansu (Dunkels & Vasseur, 2008) sa ciljem promocije internet protokola (IP) kao tehnologije za povezivanje uređaja širom sveta. IP je izuzetno lagan mrežni protokol koji već povezuje ogroman broj uređaja širom sveta i može se pokretati na malim uređajima napajanim baterijama (Atzori et al., 2010). Trenutno se koriste dve verzije protokola i to IPv4 i IPv6, i svaka od njih definiše IP adrese drugačije i ima različita ograničenja u vidu broja uređaja koji je mogu koristiti. IPv4 je 32-bitni adresni opseg i može da podrži do 4 milijarde uređaja, dok je IPv6 64-bitni adresni opseg pa može podržati mnogo veći broj uređaja sa ograničenjem od 85 000 triliona adresa (Madakam et al., 2015).

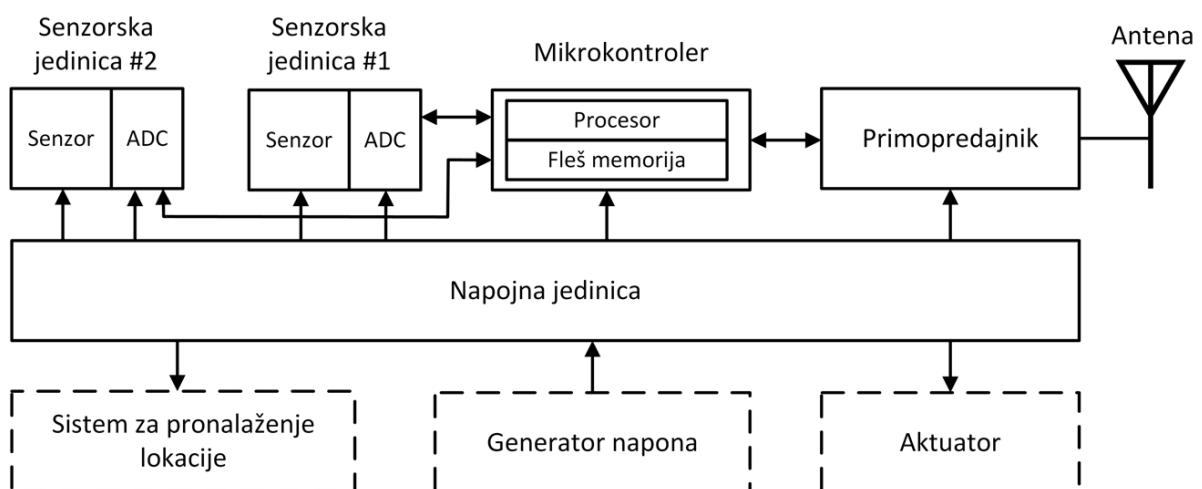
Kao ključna komponenta IoT-a najčešće se navodi RFID (Atzori et al., 2010). Iako je u pitanju tehnologija koja nije nova, zbog svojih prednosti poput jednostavnosti upotrebe u postojećim sistemima automatske identifikacije proizvoda, izuzetno malih dimenzija i niske cene. RFID je tehnologija koja mašinama omogućava identifikaciju objekata (mada se može koristiti i za živa bića), snimanje meta-podataka ili kontrolu koristeći radio talase (Jia et al., 2010). Ona omogućava mapiranje stvarnog sveta na virtuelni svet. RFID sistem se obično sastoji od tagova (emitera) i čitača (primalaca). Tag je identifikator objekta na koji je prikačen, u osnovi čip sa antenom, dok čitač komunicira sa tagom preko radio talasa (Jia et al., 2012).

Napredak u oblasti integriranih kola male potrošnje energije i efikasne komunikacije bežičnim putem su učinili dostupnim jeftine, minijaturne uređaje, za korišćenje u udaljenim aplikacijama za praćenje okruženja (Gubbi et al., 2013). Naročito je važno pojavljivanje Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) tehnologije koja je osnova pomenutih uređaja (senzora). U pitanju su veoma mali uređaji, sa ograničenim procesorskim i skladišnim kapacitetima, koji su

znatno jeftiniji od klasičnih senzora (Yick et al., 2008). Senzori se mogu koristiti za praćenje okruženja poput temperature, vlažnosti vazduha, nadmorske visine, kretanja, intenziteta zvuka, svetlosti i slično. Prikupljene informacije iz okruženja sa ili bez obrade mogu dostaviti krajnjem korisniku ili uređaju.

Bežične senzorske mreže (Wireless Sensor Networks - WSN) su distribuirani sistemi koji imaju vrlo malo ili ni malo infrastrukture i čine dvosmernu mrežu bežično povezanih senzora (senzorskih čvorova) koji međusobno saraduju i imaju mogućnost merenja, obrade i komunikacije (Sudevalayam and Kulkarni, 2010). Napravljene su od više senzora raspoređenih u senzorskom polju gde je svaki senzor povezan sa jednim ili više drugih senzora koji mogu da prikupljaju određene podatke iz okruženja i proslede ih na dalju obradu (Farooq et al., 2015).

Glavne komponente *senzorskog čvora* su mikrokontroler, pretvarač, primopredajnik, eksterna memorija, izvor napajanja, jedan ili više senzora i aktuatora (Rahman, 2010). Dijagram komponenti senzorskog čvora je predstavljen na Slici 1 (Farooq et al., 2015). *Mikrokontroler* ima zadatak da obradi i sačuva senzorsko očitavanje. *Pretvarač* (eng. Analog to digital converter - ADC) generiše električne signale na osnovu merenja parametara iz okruženja. *Primopredajnik* prima komandu od *procesora* ili bazne stanice i vraća podatke odgovarajućem primaocu. Obzirom da se senzori često postavljaju na udaljene lokacije, nije praktično povezivanje žičanim putem, pa se njihova komunikacija uglavnom oslanja na bežične mreže za prenos podataka do krajnjeg korisnika ili uređaja. Najčešći *izvor napajanja* je baterija koja se može dopunjavati sa solarnih panela ili drugih vidova obnovljivih izvora energije. Senzori mogu imati *eksternu memoriju* u vidu memorijske kartice ili internu u čipu mikrokontrolera ili fleš memoriji.



Slika 1 Komponente senzorskog čvora

Aktuatori su elektro-mehanički uređaji koji mogu biti korišćeni za kontrolu neke komponente u sistemu. Primer aktuatora je rampa za kontrolu ulaza na parking, ventilator, semafor. Pametni senzorski čvor dakle može imati senzor za praćenje, a takođe može vršiti aktuaciju. U zavisnosti od potrebe, aktuatori mogu biti montirani na senzorski čvor.

Senzorski čvorovi samostalno imaju vrlo ograničene mogućnosti u vidu akcija koje mogu napraviti, ali povezivanjem sa drugim senzorskim čvorovima direktno ili preko drugih čvorova mogućnosti postaju neograničene.

2.3.3 IoT i podaci

2.3.3.1 Veliki podaci

Fizički objekti poput ljudi, životinja i računara mogu biti opremljeni senzorima i pristupom internetu pa tako generisati podatke. Broj IoT uređaja konstantno raste i očekuje se da će broj IoT uređaja biti oko 30.9 milijardi do 2025. godine (Statista, 2022), pa je stoga veoma važno obratiti pažnju na transfer, čuvanje i analizu jer se generiše velika količina podataka. Ti podaci se u literaturi nazivaju „veliki podaci“ (eng. Big data) i njih je potrebno obraditi, analizirati i dati im vrednost, da bi se potencijal IoT-a u potpunosti iskoristio. Oni mogu biti korišćeni za otkrivanje trendova, neprimećenih šablona, skrivenih korelacija ili otkrivanje novih informacija, pa u kombinaciji sa IoT-om u velikoj meri utiču na ubrzanje razvoja svih oblasti tehnologija i poslovanja jer obezbeđuju korist kako individualcima tako i kompanijama (Marjani et al., 2017). McAfee i ostali navode da odluke donesene na osnovu podataka imaju tendenciju da budu bolje odluke, i da će se kompanije koje budu našle načine da u svoju domensku ekspertizu uključe analizu podataka izdvojiti od konkurencije (McAfee et al., 2012). Demchenko i ostali navode 5 karakteristika velikih podataka (Demchenko et al., 2013) i to:

- *Količina* (eng. Volume) – količina generisanih i prikupljenih podataka sa IoT uređaja i društvenih mreža je sve veća, a alati velikih podataka se koriste za rešavanje ovih izazova. U pametnim gradovima količina podataka može biti ogromna, pa je iznalaženje načina za upravljanje istima od izuzetne važnosti.
- *Varijabilnost* (eng. Variety) – podaci se prikupljaju sa različitih izvora, u različitim formatima i oblicima. Oni mogu biti strukturirani, polu-strukturirani, ne-strukturirani ili pomešani podaci. Iznalaženje načina da se pametni grad na najefikasniji način nosi sa ovim izazovima je od velike važnosti.

- *Brzina* (eng. Velocity) – pravovremena reakcija i analiza prikupljenih podataka je od velike važnosti u pametnim gradovima. Nekada je potrebno podatke obraditi u realnom vremenu bez ikakvih zakašnjenja, jer bi u suprotnom podaci bili bezvredni.
- *Vrednost* (eng. Value) – ne donose svi podaci vrednost, pa se vrednost podataka ogleda u tome koliko su prikupljeni podaci korisni određenom procesu, aktivnosti ili analizi/hipotezi pametnog grada.
- *Tačnost* (eng. Veracity) – prikupljeni podaci su ono na osnovu čega se vrši dalja analiza i donose zaključci. Ukoliko podaci imaju greške (npr. greška u očitavanju senzora), ili njihov kvalitet nije dobar (npr. lažni podaci sa društvenih mreža), to može uticati na smanjenje kvaliteta usluga pametnog grada koje nastaju analizom i korišćenjem prikupljenih podataka.

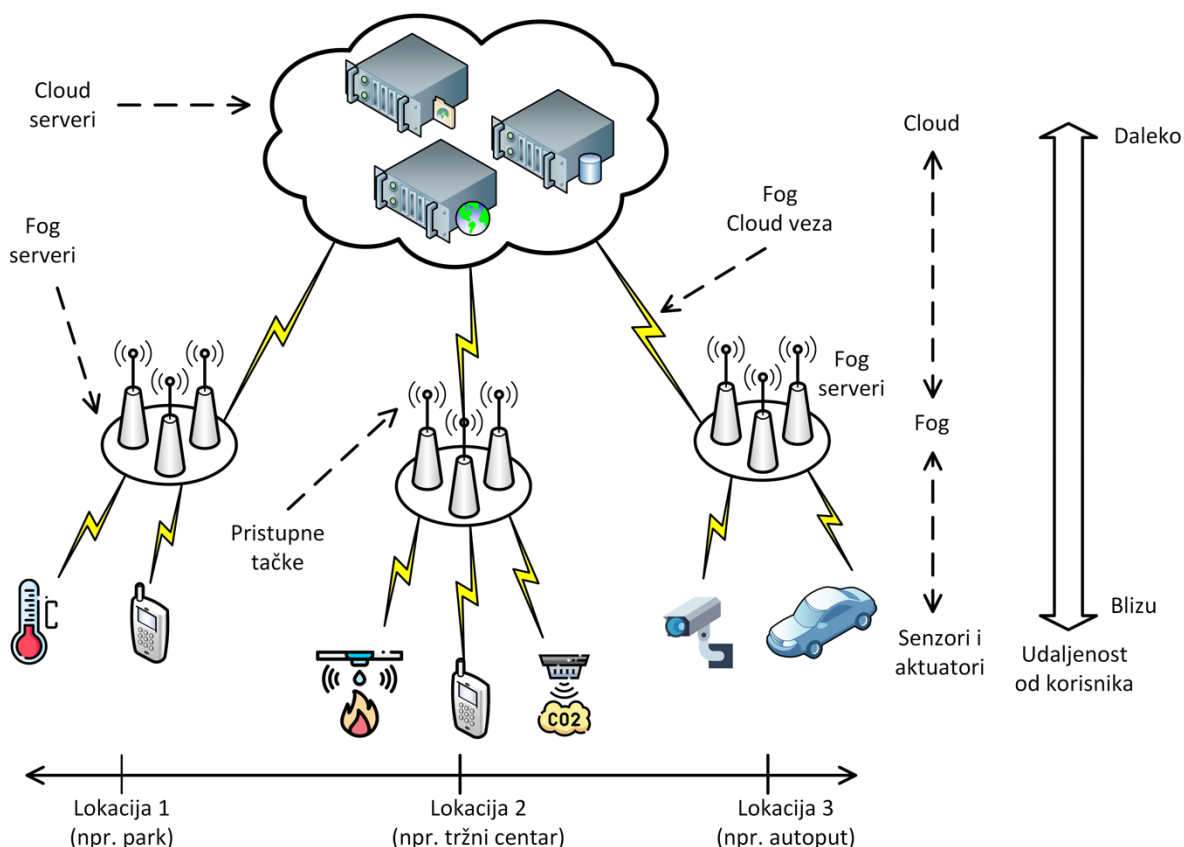
Postoji veliki broj alata koji se koriste za velike podatke u različitim platformama pametnih gradova koje uključuju NoSQL baze podataka (npr., MongoDB, Couchbase, CouchDB, HBase, itd.), alata za paralelno procesiranje podataka (npr. Apache Hadoop, Apache Spark), alata za procesiranje toka podataka u realnom vremenu (npr. Apache Storm, Kafka), alata za vizuelizaciju (npr., Rapid-Miner) i alata za obradu kompleksnih događaja (npr. WSO2, Siddhi) (Santana et al., 2017).

2.3.3.2 *Cloud i Fog paradigme*

Iako su dostupne brzine interneta danas izuzetno velike, naročito sa pojavom 5G-a, javljaju se izazovi optimizacije korišćenja resursa i pametnog odabira odgovarajućeg pristupa. Koliko će servisi pametnog grada biti fizički udaljeni od IoT uređaja može biti od ključne važnosti i uticati na kvalitet podataka koji se obrađuju. U zavisnosti od namene servisa, razlika u prijemu podataka od nekoliko sekundi može imati veliki uticaj na krajnji rezultat ili blagovremenu reakciju. Sa druge strane prečesto i brzo prenošenje podataka čija „svežina“ nije od ključne važnosti nepotrebno guši saobraćaj i troši resurse. Važno je prikupiti i obraditi podatke u prihvatljivom vremenskom okviru i odabrati pravo mesto za skladištenje istih. Rešenje ovih problema leži u popularnim paradigmama *Cloud* i *Fog* koje imaju svoje prednosti i mane, i koje se mogu koristiti zajedno. Na Slici 2 se nalazi grafički prikaz *Fog* i *Cloud* sloja i njihova udaljenost od izvora podataka.

US National Institute of Standards and Technology (NIST) je definisao *Cloud* kao model pristupa mreži deljenih konfigurabilnih izvora računarskih servisa na-zahtev kao što su mreža, serveri, baze podataka, aplikacije i slično. On obezbeđuje pomenute pouzdane servise koji se

oslanjaju na data-centre nove generacije i koji su zasnovani na virtuelizovanim tehnologijama skladištenja (Buyya et al., 2009). *Cloud* servisi takođe omogućavaju korisnicima da pouzdano upravljaju softverom nezavisnih proizvođača i hardverskim komponentama po niskim cenama (Al-Fuqaha et al., 2015). Prema NIST-u *Cloud* ima 5 esencijalnih karakteristika koje su razlog njegovog uspeha i to: servisi na zahtev, pristup širokoj mreži, udruživanje resursa, brza nadogradnja i proširivost, i usluga po meri (Mell and Grance, 2011). Sve pomenuto je pokrenulo akademsku javnost da istražuju modele koji koriste *Cloud* i predstavljaju bilo šta "kao servis" (anything as a service – aaS), pa postoji veliki broj modela koji su klasifikovani i predstavljeni u radu Duana i ostalih (Duan et al., 2015). Primeri ovih modela su Software as a Service (SaaS) (Cusumano, 2010), Platform as a Service (PaaS) (Boniface et al., 2010), Infrastructure as a Service (IaaS) (Bhardwaj et al., 2010), Everything as a Service (XaaS) (Duan et al., 2015). Tako i ostali predstavljaju širu viziju IoT uređaja posmatrajući ih kao resurse i predlažu Everything as a Resource (EaaS) (Baker et al., 2018).



Slika 2 Cloud – Fog paradigme

Fog je visoko virtualizovana platforma koja obezbeđuje obradu, skladištenje i mrežne servise na sloju između IoT uređaja i tradicionalnih *Cloud* data centara, koja je često ali ne i obavezno

locirana na ivici (eng. edge) mreže (Bonomi et al., 2012). U literaturi se često može naći i pod imenima *Cloudlets* ili *Edge*. Varghese i ostali definišu *Fog* kao model koji dopunjava i koegzistira sa *Cloud*-om, radi decentralizacije njegovih resursa (npr. servera, skladišta, aplikacija i servisa) i pomeranje fokusa resursa ka korisniku uz poboljšanje kvaliteta usluge i iskustva (Varghese et al., 2020). Svojom blizinom IoT uređajima, za razliku od *Cloud* sloja, *Fog* nudi bolje performanse u vidu smanjenja brzine odziva (Al-Fuqaha et al., 2015). Primeri korišćenja *Fog* sloja radi bržeg odziva uključuju smart grid, povezana vozila i mrežu bežičnih senzora i aktuatora. S druge strane, treba imati u vidu da *Cloud* ima izuzetno veće mogućnosti u obradi, skladištenju i komunikaciji u poređenju sa *Fog* slojem (Bonomi et al., 2012).

2.4 Pregled relevantnih istraživanja

U ovom poglavlju su predstavljene neke od najpoznatijih platformi koje se koriste kao podrška pametnim gradovima za kreiranje servisa sa ciljem pružanja usluga građanima u nekim od ekosistema pametnog grada. Neke od ovih platformi uključuju prikupljanje podataka sa IoT uređaja, neke sa društvenih mreža, dok neke prikupljaju sa oba pomenuta izvora. Iako nisu sve ove platforme nastavile aktivan dalji razvoj iz različitih razloga, i njihovi autori više ne rade na njihovom održavanju i pružanju podrške, poznavanje njihovih mogućnosti je od velike važnosti jer omogućava izvođenje odgovarajućih zaključaka na osnovu naučenih lekcija u toku njihove primene. Obzirom da je većina pomenutih platformi open-source, one se mogu koristiti kao osnova za dalji razvoj proširivanjem postojećih mogućnosti, pa nije potrebno razvijanje nekih mogućnosti od nule.

Giatsoglou i ostali su predstavili CityPulse platformu koja nudi servise bazirane na analizi IoT podataka u skoro realnom vremenu koji mogu biti geolocirani i javno su dostupni na društvenim medijima (Giatsoglou et al., 2016). Njihova platforma podržava prikupljanje i skladištenje podataka, primenu metodologija agregacije i analize nad prikupljenim podacima, a dobijene rezultate čini dostupnim preko interfejsa web servisa da bi omogućila interoperabilnost sa drugim servisima pametnog grada. Iako CityPulse omogućava integraciju podataka među različitim domenima, njihov pristup analiziranja podataka prikupljenih sa društvenih medija poput Twitter-a se bazira na analizi sadržaja koristeći mašinsko učenje. Oni posmatraju sve tokove podataka na jednu temu što može dovesti do pogrešnih zaključaka.

FIWARE je Cloud IoT platforma koja obezbeđuje set API-a (Application programming interface) koji se mogu koristiti za razvijanje aplikacija u pametnom gradu. Ona je primer

okruženja koje je u početku nastalo kao naučni projekat finansiran od strane Evropske Komisije pre desetak godina a koji je prethodno baziran na SENSEI projektu i IoT-A arhitekturi koja sadrži komponente nazvane Generic Enablers. Ove komponente se koriste kao gradivni blokovi za pametne aplikacije. FIWARE u poslednje vreme prolazi kroz tranziciju prema biznisu (Cirillo et al., 2019) (Araujo et al., 2019).

Cheng i ostali su predstavili CiDAP (City Data and Analytics Platform) sa ciljem razvoja fleksibilne i efikasne platforme za analizu velikih podataka koja je primenjena na eksperimentalnom testbedu SmartSantadera (Cheng et al., 2015). Ona ima za cilj da obezbedi aplikacijama i servisima pametnog grada svesnost o kontekstu i inteligenciju (Santana et al., 2017). IoT podatke prikupljaju specijalni IoT agenti i IoT brokeri, dok se podaci sa društvenih mreža čuvaju u Hadoop Distributed File System (HDFS) i Apache Spark aplikacijama za dalju analizu. Iako aplikacije pametnog grada koriste IoT agente preko CityModel Servera, u radu nema informacija o kooperaciji među istim. Autori su izneli svoja zapažanja, iskustva i naučene lekcije na osnovu tromesečnog rada platforme, koji mogu biti od koristi za buduće projekte pametnih gradova i platformi. Važno ograničenje platforme je da CiDAP platforma ne obezbeđuje podršku developerima aplikacija, i ne omogućava razvoj novih servisa što otežava rad i ograničava proširivost (Santana et al., 2017).

CitySDK (CityService Development Kit) obezbeđuje set API-ja za lak i brz razvoj proširivih servisa i aplikacija pametnog grada ("CitySDK – City Service Development Kit", n.d.). On prikuplja otvorene podatke aplikacija pametnog grada i uz pomoć dostupnih API-ja omogućava izgradnju proširivih servisa pametnog grada. CitySDK je rezultirao iz projekta koji je uključivao 8 gradova širom Evrope sa ciljem razvoja interfejsa i procesa koji se mogu više puta koristiti i deliti. Koncentrisan je na tri oblasti primene u pametnom gradu koje uključuju "participaciju", "mobilnost" i "turizam" kao osnovnim primenama koje uključuju interakcije između građana i njihovih gradova. Svaka od ovih oblasti je pokrivena odgovarajućim API-jem i detaljima vezanim za njegovu primenu. Jedan od glavnih ciljeva mu je da obezbedi unificirane i otvorene interfejse za podatke koji će biti korišćeni širom Evrope.

Kaa (KaaIoT, n.d.) je open-source middleware platforma koja ima kapacitet da upravlja velikim brojem senzora, prikuplja podatke sa istih, analizira ih i prikazuje. Koristi se za brz razvoj rešenja vezanih za IoT, IoT aplikacija i pametnih proizvoda. Ona obezbeđuje i backend infrastrukturu preko razvijenih SDK (Software Development Kit) biblioteka koje obezbeđuju komunikaciju, obradu i transformaciju i čuvanje podataka i druge funkcije za specifične krajnje

tačke (Al Rasyid et al., 2020). Kaa takođe obezbeđuje hardverski nezavisan i visoko portabilan SDK koji se može postaviti na širokom spektru krajnjih uređaja ili mikročipova da bi oni komunicirali sa Kaa platformom (Lu, 2016).

Sofia2 (Smart Objects for Intelligent Applications) je platforma IoT-a i velikih podataka dizajnirana da podrži i ubrza razvoj novih sistema obezbeđivanjem interoperabilnosti među aplikacijama koje dele slične semantičke koncepte (Sofia2 IoT Platform, n.d.)(Sofia2 - Technology for Innovators, n.d.). Ona obezbeđuje set alata za developere koji uključuju različite API-je kao i SDK koji omogućavaju njenu integraciju u bilo koji uređaj. U svom radu se bazira na korišćenju ontologija i primeni pravila za odlučivanje, a obezbeđuje i jezik za definisanje upita. Nastala je kao rezultat trogodišnjeg Artemis R&D projekta koji je uključivao 19 partnera iz evropskih zemalja, uključujući Nokia, Philips, Fiat, Acciona i Indra. Nakon projekta, platforma je prilagođavana za biznis i predstavila se pod imenom Sofia2. Primenjen je u dva pilot projekta gradova La Coruna i Turin (Bianchini et al., 2017).

OpenIoT (GitHub - OpenIoT/Openiot: The Open Source Project for the Internet of Things, n.d.) je open-source platforma koja koristi koncept IoT da obezbedi servise pametnom gradu. Platforma prikuplja podatke sa senzora i aktuatora i upravlja IoT uređajima koristeći Global Sensor Networks (GSN) i Linked Sensor Middleware (LSM) middleware koji omogućavaju razvoj i programiranje senzorskih mreža. OpenIoT omogućava prikupljanje podataka sa bilo kojih senzora uključujući fizičke uređaje, društvene medije ili neki drugi izvor. Pored toga nudi i unikatne funkcionalnosti kao što je mogućnost kreiranja ne-trivijalnih IoT servisa koristeći Cloud baziranu paradigmu. Prikupljene podatke analizira uz pomoć bigdata alata, a prikazuje ih koristeći odgovarajuće mashup-ove koristeći već razvijene servise u platformi i obezbeđuje korisnički interfejs krajnjim korisnicima. Prikupljanje podatke može prikazivati u različitim oblicima (grafikone, dijagrame, mape, itd.).

Chamoso i ostali predstavljaju distribuiranu i modularnu Cloud platformu koja može obraditi heterogene podatke iz više različitih izvora (Chamoso et al., 2020). Ona omogućava ponovno korišćenje softvera i drugih platformi da bi olakšala proces razvoja aplikacija za pametne gradove. Platforma koristi Kafka-u za razmenu poruka koja iako ima ograničenja od 100000 poruka u sekundi u njihovoj implementaciji, može se skalirati i time biti od koristi u pametnom gradu. Iako su u ovoj platformi predstavili interesantan pristup rada sa podacima, razvoj servisa zahteva tehnička znanja da bi omogućio korisnicima da bi integrisali njegove komponente u procesu razvoja novih aplikacija pametnog grada.

Concinnity je okruženje koje obezbeđuje Platform as service (PaaS) za upravljanje senzorskim podacima i aplikacijama (Wu et al. 2014). Ona se sastoji od WikiModeling editora aplikacija koji omogućava okruženje za dizajniranje aplikacija koja je jednostavna za korišćenje, WikiModeling workflow engine koji obezbeđuje okruženje za izvršavanje workflow-a baziran na HierSynth platformi i WikiSensing data store koji obezbeđuje upravljanje podacima i čuvanje istih. Ova platforma takođe obezbeđuje i direktorijum postojećih servisa gde developeri mogu da nađu i objave nove servise koristeći već kreirane.

Padova Smart City (Zanella et al., 2014) je tehničko rešenje urbanog IoT-a implementirano u gradu Padovi u Italiji u okviru projekta razvoja pametnog grada kao rezultat saradnje između privatnog i javnog sektora. Ovo rešenje se sastoji iz sistema za nadgledanje uličnog osvetljenja koristeći bežične senzorske čvorove opremljene različitim sensorima i montirane na banderama koje se koriste za osvetljenje, a povezane sa internetom preko gateway-a. Pored intenziteta osvetljenja, sistem meri i ostale parametre okruženja poput temperature, vlažnosti vazduha, CO nivoa, vibracije, zvuka itd. U svom radu su predstavili arhitekturu sistema baziranu na web servisima, rezultate analize prikupljenih podataka i način obrade.

Sentilo (“Home Sentilo - Sentilo”, n.d.) je open-source senzorska i aktuatoraska platforma dizajnirana za pametne gradove koja se oslanja na otvorenost i interoperabilnost. Pri put je implementirana u Barseloni kao projekat pametnog grada nazvan CityOS, a nakon projekta kod je objavljen kao open-source. Ona je modularne i proširive arhitekture pa omogućava dodavanje novih funkcionalnosti bez narušavanja osnovnog sistema. Moguće ju je proširiti postavljanjem na više servera ili više klastera, a cilj joj je deljenje informacija između različitih sistema i laka integracija starijih aplikacija i servisa.

SMARTY (SMART Transport for sustainable citY) (Anastasi et al., 2013) je projekat finansiran od strane regiona Tuskana u Italiji koji obezbeđuje alate i servise za inovativne i održive transportne sisteme. On prikuplja podatke IoT i društvenih senzora poput očitavanja sa semafora, kretanja građana, vremenske prognoze, zagađenja vazduha i dostupnosti parkinga. Ovi podaci su prethodno obrađeni primenom data mining tehnologija poput klasifikacije, regresije, klasteringa itd. Oni koriste jeftine IoT uređaje koji su postavljeni svuda po gradu radi prikupljanja informacija sa istih, a pored njih prikupljaju podatke i sa društvenih mreža na osnovu kojih donose zaključke i kreiraju znanje.

Gambas (Apolinarski et al., 2014) je platforma koja obezbeđuje SDK developerima za razvoj aplikacija pametnog grada za Android i iOS platforme. Pored toga obezbeđuje i Gambas

CoreService za izvršavanje procesa, prikupljanje, čuvanje i obradu podataka. Ona takođe omogućava razvoj servisa koristeći prikupljenje podatke i registar servisa.

Pomenute platforme su analizirane i upoređene po definisanim kriterijumima u Tabeli 1.

Tabela 1 Uporedna analiza postojećih platformi pametnog grada (○ Da, ● Ne)

	Prikupljanje IoT podatka	Obrada IoT podataka	Omogućava rekonfiguraciju IoT uređaja	Prikupljanje podataka sa društvenih mreža	Obrada podataka sa društvenih mreža	Vizuelizacija prikupljenih podataka	Detekcija događaja	Evaluacija pravila i CEP	Modularna arhitektura	Mogućnost kreiranja poslovnog procesa	Ponovno korišćenje već razvijenih servisa	Razvoj novih servisa bez tehničkog znanja
CityPulse	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○	●	○
FIWARE	●	●	○	○	○	●	○	●	●	○	●	●
CiDAP	●	●	○	●	○	●	○	○	●	○	○	○
CitySDK	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○	●	○
Kaa	●	●	●	○	○	●	○	○	●	○	●	○
Sofia2	●	●	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○
OpenIoT	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○	●	●
Chamosso et al. (2020)	●	●	○	●	●	●	○	●	●	○	●	○
Concinnity	●	●	○	○	○	●	○	○	●	●	●	●
Padova SC	●	●	○	○	○	●	●	○	●	○	●	○
Sentilo	●	●	○	○	○	●	●	●	●	○	●	○
SMARTY	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	●	○
Gambas	●	●	○	●	○	●	●	○	○	○	●	○

3 DRUŠTVENE MREŽE I MEDIJI U PAMETNIM GRADOVIMA

3.1 Značaj društvenih mreža

Nastanak društvenih mreža u računarskom svetu je jedan od najvažnijih događaja druge decenije 21. veka jer one obiluju sadržajima i povezanim podacima koji su odličan materijal za otkrivanje znanja iz podataka u kontekstu teme i domena društvenih mreža.

Dok sa jedne strane tradicionalni mediji poput novina i televizije pametnom gradu omogućavaju jednosmernu komunikaciju bez učešća kao i bez povratne informacije i komunikacije sa glavnim činiocima grada, sa druge strane društvene mreže čine efikasne platforme za promociju i podsticanje interakcije među istim činiocima (Zhou and Wang, 2014).

Termin društvena mreža je prvi put u naučnom kontekstu koristio Barnes J.A. (1954) u svom radu gde je izneo detalje dvogodišnjeg boravka u Norveškoj istražujući veze među ljudima koji tamo žive. On je video društvene interakcije kao klaster tačaka koji je povezan linijama koja kreira „sumarnu mrežu“ odnosa.

Na društvene mreže se može gledati i kao na mrežu interakcija ili odnosa predstavljenu čvorovima i granama iz teorije grafova, gde čvorovi predstavljaju učesnike, a grane predstavljaju odnose i interakcije među tim učesnicima (Aggarwal, 2011). Ove dve pomenute strukture se često pominju u raznim definicijama društvenih mreža.

Schneider i ostali definišu društvene mreže kao online zajednice koje čine ljudi sličnih interesovanja, koji uživaju u sličnim aktivnostima i koji dele slične navike i prijateljstva (Schneider et al., 2009).

Buregio i ostali definišu *društveni svet* (eng. Social world) kao podršku poslovnom svetu (eng. Business world) obezbeđujući nove forme komunikacije činiocima poslovnog sveta (Buregio et al., 2015).

Sveobuhvatna komunikacija koju je omogućio internet u paketu sa društvenim mrežama je omogućila razvoj revolucionarno novih perspektiva omogućavajući pojedincima i društvima da kolektivno generišu vrednost iz informacija (Wang et al., 2019). Stoga se na gradove može

gledati kao na živi organizam koji se konstantno menja u skladu sa aktivnostima ljudi što se ogleda na društvenim mrežama (Giatsoglou et al., 2016).

Aggarwal (2011) deli društvene mreže na one koje su eksplicitno kreirane za društvenu interakciju poput Facebook-a, i one koje su primarno kreirane za deljenje određenog sadržaja poput slika na Flickr-u, ili video klipova na Snapchat-u, ali omogućavaju određeni nivo društvene interakcije.

Društvene mreže su duboko ukorenjene u društvo današnjice, tako da ljudi danas sasvim rutinski koriste pametne uređaje da bi pratili novosti ili objavili nešto. Ove objave mogu biti aktivnosti u realnom vremenu poput događaja kao što je zagušenje saobraćaja, udes na putu, prijava kriminalnih aktivnosti, požara i ostalih događaja koji su od interesa za javnost (Doran et al., 2013).

Zbog svoje primamljivosti, društvene mreže privlače pažnju ogromnog broja korisnika. Prema Facebook-ovom izveštaju, proizvode ove kompanije (Messenger, Instagram, Whatsapp, itd.) u 2022. godini koristi preko 3 milijarde ljudi širom sveta, svakodnevno se razmeni preko 140 milijardi poruka i objavi preko milijardu statusa (Company Info | About Facebook, n.d.). Twitter kao mikroblog platforma je u 2022. godini imao oko 229 miliona aktivnih korisnika dnevno koji su slali oko 500 miliona poruka dnevno (Lin, 2022). TikTok kao mlađa društvena mreža sa akcentom na video sadržaje ima oko milijardu aktivnih korisnika, gde svaki korisnik provede u proseku po 95 minuta dnevno koristeći njihovu mobilnu aplikaciju (TikTok Statistics - Everything You Need to Know [Aug 2022 Update], 2022)

Iako pomenute društvene mreže imaju različite koncepte, sve one nude komunikaciju među korisnicima i umrežavanje bez obzira na geografsku lokaciju. Društvene mreže se često pominju kao tehnologije koje „ruše geografske barijere“ na globalnom planu, sa druge strane one se mogu koristiti i kao izvori podataka u realnom vremenu za dobijanje lokacijskih informacija.

3.2 Analiza podataka sa društvenih mreža u literaturi

Gundecka i Liu (2012) obrađuju otkrivanje podataka iz društvenih mreža sa stanovišta problema u njegovoj primeni, kao i njegovu primenu na primeru društvenih medija. Predstavili su popularne probleme analize društvenih mreža poput analize zajednice, sentiment analize i

istraživanja mnjenja, društvenih preporuka, modeliranja uticaja, difuzije informacija, privatnosti, sigurnosti i poverenja.

Aggarwal i ostali su obrađivali pozadinu problema kao što su detekcija zajednice, predviđanja linkova, širenje informacije i društveni uticaj, kao i metode i tehnike internet i web mininga koje su korišćenje u ovoj oblasti (Aggarwal et al., 2017).

Kajan i ostali (Kajan et al., 2020) su predstavili analizu aktivnosti na društvenim mrežama, uzimajući u obzir društveni tok (usmereni graf) koji se generiše iz prikupljenih podataka kao i sadržaja i tipa aktivnosti. Na početku, kompanija objavi inicijalnu društvenu akciju sa ciljem ispitivanja reakcija javnog mnjenja po nekom pitanju. Reakcije građana se prikupljaju i formiraju usmereni graf (gusenicu), koja se kasnije uz pomoć definisanih metrika analizira, a rezultati se koriste kao merilo uspešnosti kampanje na društvenim mrežama.

U radu (Almgren et al., 2017) je predstavljen pristup analize podataka društvenih mreža uz pomoć topološke analize primenom za tu namenu razvijenog algoritma. Sistem su primenili na primeru Instagrama i nasumične analize fotografija radi analiziranja uticaja društvenog konteksta i sadržaja slike na popularnost slike. Kasnije je popularnost slike korišćena za evaluaciju tačnosti topoloških analiza.

Ljajić i Marovac (2019) su istraživale analizu sentimenta u kratkim tekstovima, koji su sastavni deo objava ili komentara na društvenim mrežama. One su istakle važnost negacije i njen uticaj na sentiment objava na Twitter-u na srpskom jeziku, i predložile pravila koja dodatno unapređuju određivanje sentimenta. U drugom radu (Marovac et al., 2012) Marovac i ostali su predstavili primenu N-gram analize tekstualnih dokumenata pisanih na srpskom jeziku i algoritam za izdvajanje ključnih reči iz dokumenta. Svrha primene n-gram analize i negacije u ovim radovima je povećavanje semantičke razumljivosti srpskog jezika i kontekstne svesnosti.

3.3 Primena društvenih mreža/medija u pametnim gradovima

Pametni gradovi današnjice sve više uviđaju značaj interakcije sa građanima putem društvenih mreža, tako da je sve više primera uspešne primene društvenih mreža u različitim sferama života. Souza i ostali su predstavili Social Smart City platformu koja u realnom vremenu analizira objave na Twitter-u sa ciljem detekcije potencijalnih kriminalnih aktivnosti da bi omogućili gradskim menadžerima da blagovremeno reaguju i spreče te aktivnosti (Souza et al.,

2016). Njihova platforma je zasnovana na primeni mašinskog učenja i treniranju modela na podacima iz policijskih izveštaja.

U radu (Ugljanin et al., 2018b) je predstavljena platforma koja omogućava pametnom gradu da integriše IoT i društvene mreže u svoje poslovne procese, pokreće kampanje na društvenim mrežama, a da prikupljene podatke koristi za automatizaciju svojih budućih akcija. Podaci koji se prikupljaju sa društvenih mreža u ovom radu su usko vezani za kampanju koja je prethodno pokrenuta čime se obezbeđuje njihova relevantnost.

U radu (Berntzen and Johannessen, 2016) je analiziran Norveški grad Sarpsborg koji koristi Facebook kao jedan od komunikacionih kanala za aktivnu interakciju i dijalog sa građanima i pružanje servisa. Njegova Facebook stranica ima oko 10 000 pratilaca, dok grad ima ukupno 50 000 ljudi, što čini značajnu brojku, pa grad sve servisne informacije pruža preko te stranice, a na zahteve građana odgovara sa minimalnim zakašnjenjima. Oni ističu da je jednostavnost deljenja postojećih rešenja na probleme sa kojim se građani susreću vrlo korisna, dok je sa druge strane problematično to što su privatne informacije vezane za slučaj koji građani prijavljuju objavljene. Grad to rešava tako što osetljive informacije ne objavljuje već preusmerava na druge komunikacione kanale. Ovim se ističe problematika navika građana, i primenjivanje zakonskih odredbi od strane grada.

Mendoza i ostali su u radu (Mendoza et al., 2019) predložili metodu za rano predviđanje prostornih izveštaja izraženih u Merkalijevoj skali gde kombinuju Merkalijeve tačke sa lokalnim podacima, na osnovu ljudskih reakcija na zemljotres prateći komentare na Twitter-u u realnom vremenu. Oni tvrde da je to prva metoda bazirana na društvenim medijima koja može obezbediti prostorne izveštaje o štetama i intenzitetu zemljotresa po Merkalijevoj skali. Njihovi eksperimentalni rezultati govore da su oni uspevali da dobiju izveštaje o intenzitetu zemljotresa po Merkalijevoj skali nakon samo 30 minuta od zemljotresa, dok je tradicionalnim metodama nekada potrebno više sati ili dana.

U radu (Pujol et al., 2020) je predstavljen razvoj automatizovanog sistema za detekciju nasilja analizirajući slike u video snimcima sa društvenih mreža i kombinovanjem različitih deskriptora koji računaju ubrzanje nastalo između dva frejma u videu. Korišćene su različite tehnologije poput Radon transformacije (Helgason, 1980) ili histogram optičkog ubrzanja (Edison and Jiji, 2017), a trenirani sistem vrši klasifikaciju koristeći SVM (Support Vector Machine) (Cortes & Vapnik, 1995) algoritam. Predstavili su novu metodu detekcije nasilja u

video snimcima koristeći soft computing metode koja je pokazala odlične rezultate kada se na snimku nalazi samo dvoje ljudi koji su snimani izbliza sa tačnošću detekcije od 97%.

Kumar i ostali su razvili TweetTracker, alat namenjen za korišćenje u svrhe humanitarne pomoći i pomoći u katastrofama, gde se krizne situacije detektuju prema određenim ključnim rečima i lokacijama, praćenjem objava na Twitter-u u realnom vremenu, što je ilustrovano na primeru krize Kolere na Haitiju (Kumar et al., 2011).

Komninos i ostali (Komninos et al., 2013a) su predložili HotCity, servis koji prikuplja checkin-ove i relevantne informacije o tačkama od interesa kao i ocene sa više društvenih mreža poput Foursquare, Facebook, Google Places i Wikipedia, da bi detektovao popularnost određenih tačaka od interesa u različitim vremenskim intervalima i danima. Svrha servisa je da bude dostupan građanima i turistima kao interaktivni vodič radi efektivnijeg planiranja. Informacije se predstavljaju na gradskoj mapi sa tačkama od interesa u paketu sa toplotnom mapom koja ukazuje na intenzitet aktivnosti u određenom prostoru u zavisnosti od odabranog dana i vremena.

Sve su popularnije web bazirane crowdsourcing platforme koje uključuju učestvovanje građana poput FixMyStreet (n.d.), PublicStuff (n.d.), SeeClickFix (n.d.) gde građani mogu da informišu lokalne samouprave ili vlade o problemima sa ciljem da se izvrši blagovremena reakcija i saniranje (Pak et al., 2017). Samim tim da su ove prijave od strane građana odmah dostupne organima vlasti, i da njihov status može biti javno vidljiv uz odgovor vlasti, čini ceo proces transparentnijim, i čini građane zainteresovanijim da učestvuju u unapređivanju stanja grada.

3.4 Ljudski i društveni „senzori”

U dvadeset prvom veku na građane se ne gleda samo kao na tradicionalne korisnike usluga: na njih se takođe gleda kao i na nekog ko proizvodi usluge kao i podatke, u literaturi često nazivani *prosumers* (eng. producers and consumers) (Estellés-Arolas and González-Ladrón-de-Guevara, 2012). Građani nisu samo korisnici podataka već i proizvođači podataka sa svojim subjektivnim i objektivnim potrebama (Xu et al., 2018).

Kada se govori o pametnim gradovima i prikupljanju podataka uglavnom se misli na prikupljanje podataka sa heterogenih fizičkih senzora koji su raspoređeni svuda po gradu i obezbeđuju informacije o okruženju. Iako su fizički senzori veoma važan aspekt pametnog

grada, često se zanemaruju građani koji imaju svoja mišljenja, iskustva, stavove, osećanja koji se mogu koristiti u svrhu detekcije događaja.

Podaci prikupljeni sa fizičkih senzora mogu dati odgovor na pitanja „šta se dogodilo“ i „gde se dogodilo“, mada se iz podataka koje su oni prikupili ne može odgovoriti na pitanja „zašto“ ili „kako“ se određen događaj desio. Razumevanje poslednja dva pitanja je neophodno da bi se donele odgovarajuće odluke, a razlog zašto na ta pitanja ne odgovaraju fizički senzori je taj što su odgovori u vezi sa osećanjima, emocijama, i reakcijama građana na gradske servise u toku svojih svakodnevnih aktivnosti. Primer pomenutog jeste da fizički senzori mogu da detektuju da neka autobuska linija nije opterećena tako što će prebrojavati ljude u autobusima, ali isti senzori ne mogu da detektuju kontekstualne razloge koji utiču na to kao što može biti kakvo je stanje autobusa, sigurnost, čistoća, udobnost vožnje, itd. (Doran et al., 2013).

U literaturi građane često nazivaju „ljudskim/građanskim sensorima“ (Goodchild, 2007) ili „društvenim sensorima“ (Wang et al., 2015).

Ljudske senzore čine ljudi sa svojih 5 čula i inteligencijom da interpretiraju ono što vide i opažaju, kao i da izvršavaju odgovarajuće akcije. U kontekstu pametnih gradova, ljudski senzori su u stvari građani koji mogu prikupljati informacije o svom okruženju, kao i o sebi poput zdravstvenog stanja, šablona spavanja, fizičke aktivnosti i sličnog (Berntzen et al., 2018).

Sa druge strane *društveni senzori* se odnose na ljude opremljene fizičkim sensorima koji mogu biti deo senzorske platforme ili mreže, poput mobilnih telefona, senzora za praćenje zdravstvenog stanja i slično.

Villatoro i ostali su svoju viziju mreže građana-senzora zasnovali na dva različita scenarija, i to na praćenju građana kao pasivnih entiteta koji moraju biti analizirani da bi se razumele i optimizovale gradske funkcije, i građana kao aktivnih entiteta koji, upravljajući se zdravim razumom i korišćenjem svojih mobilnih uređaja, učestvuju u prikupljanju podataka (Villatoro and Nin, 2012).

Ponašajući se kao ljudski senzori, ljudi su sposobni da prepoznaju, primete i prijave mnogo veći spektar događaja za razliku od fizičkih senzora, naročito u slučajevima gde se javljaju anomalije u šablonima i ponašanjima. Primer je detekcija nasilnika u grupi ljudi. Za razliku od fizičkih senzora koji objektivno prijavljuju detektovane podatke, ljudi sumiraju zapažanja u svoje interpretacije koja su često subjektivna i pristrasna. Primer je sukob između policije i

građana, što iz pozicije nekog ko podržava vladu može da bude predstavljeno kao da vlada odlično radi svoj posao, dok iz pozicije demonstranata izgleda kao represija.

Pametni grad takođe može koristiti ljudske/društvene senzore u slučaju prestanka rada ili problema u radu kod fizičkih senzora, ili kao izvor dopunskih informacija kao što su osećanja i emocije građana.

3.5 Značaj spremnosti i učešća građana u funkcionisanju pametnih gradova

Kada su u pitanju društvene mreže, građani su glavni izvor podataka i oni svoje učešće ispoljavaju korišćenjem dozvoljenih društvenih akcija (reakcija, komentar, odgovor, itd.) na odgovarajućoj društvenoj mreži. Od toga koliko će oni biti uključeni u inicijative pametnog grada u velikoj meri zavisi uspešnost inicijativa i prikaz realnog stanja javnog mnjenja.

Učešće građana se može posmatrati iz pozicije njihove želje za angažovanjem, nivoa angažovanja i interesa da se uključe u aktivnosti. Takođe postoje i mnogi razlozi zbog kojih građani mogu odustati od učešća u inicijativama pametnog grada. Sanchez i ostali tvrde da anonimnost na društvenim mrežama može motivisati građane da iznesu svoje mišljenje bez bojazni da će biti osuđeni, i da nedostatak anonimnosti može napraviti društveni pritisak koji će uticati na objektivnost u iznošenju mišljenja (Sánchez et al., 2022).

Primeri odsustva učešća građana u inicijativama pametnih gradova su primećene u Indiji, Malti i Koloradu u Sjedinjenim Američkim Državama (Kogan and Lee, 2014). U slučaju Kochi-a u Indiji, građani nisu želeli da učestvuju jer su smatrali da je to u stvari anti-nacionalni projekat obzirom da će stranci upravljati njime, dok je u slučaju Malte došlo do neslaganja između građana i vlasti oko obećanih pogodnosti koje nisu ispoštovane (Kogan and Lee, 2014).

Rana i ostali u svom radu o preprekama koje usporavaju razvoj pametnih gradova navode nedostatak učešća građana kao jedan od najvažnijih faktora (Rana et al., 2019). Aktivno učešće građana u svakodnevnim događajima kao važna komponenta je takođe istaknuta u radu Nam i Pardo-a (2011). Bez obzira na razvoj servisa pametnog grada, napredne tehnologije, dostupnost pametnih uređaja, **ukoliko se građani ne motivišu** da doprinose pametnom gradu, oni mogu i dalje da nastave sa svojim tradicionalnim sistemom rada gde će umesto korišćenja servisa pametnog grada i društvenih mreža nastaviti da prijavljuju incidente putem poziva telefonom, na primer.

Spremnost i učešće su vrlo vezani jer ne postoji učešće bez spremnosti kao što se vidi u primerima Kochi-a i Malte (Kogan and Lee, 2014). Takođe, spremnost je efektivnija ukoliko se učešće adekvatno nagradi i uvaži.

Prepreke koje usporavaju razvoj pametnog grada se mogu podeliti u prepreke vezane za spremnost i prepreke vezane za učešće građana.

Kollock definiše četiri faktora koji mogu da motivišu *spremnost* korisnika da doprinose i to: (1) iščekivanje pomoći zauzvrat, (2) povećanje pozitivne reputacije, (3) osećaj efikasnosti, (4) posvećenost zajednici (Kollock, 1999). Građane ne treba terati, kao što je to često slučaj na poslu, da se prilagođavaju određenim procedurama pametnog grada (Farzan et al., 2008). Bolji pristup je ako građani dobrovoljno učestvuju u inicijativama pametnog grada.

Interakcija građana sa vlašću kroz društvene mreže može biti od koristi za obe strane (Aladwani, 2015). Primer dobrovoljnog učešća građana je Roadwatch aplikacija u Južnoj Koreji koja je omogućila građanima da snime razne pretnje sigurnosti saobraćaja putem mobilnih aplikacija i prijave ih policiji i time učestvuju u obezbeđivanju sigurnijeg saobraćaja zajednici (Park et al., 2017).

U Velikoj Britaniji policija omogućava građanima da koriste opremu za merenje brzine vozila i identifikuju brza vozila u naseljima, kojima policija dalje šalje upozorenja ukoliko se takvo ponašanje ponovi (Speed Watch | Devon and Cornwall Police, n.d.). Policija u Južnoafričkoj Republici je koristila Facebook grupe za podršku građanskom obezbeđivanju sigurnosti u naseljima i izgradnji poverenja među građanima (Hattingh, 2015). Uspeh servisa pametnog grada zavisi od toga koliko su zahtevi građana ispunjeni, učešću građana i njihovoj spremnosti da učestvuju (Ugljanin et al., 2020)

Učešće se može predstaviti kao stepen u kome građani i posetioci učestvuju u inicijativama pametnog grada koristeći društvene mreže kroz interakciju sa drugim korisnicima i lokalnom vlašću. Stoga, da bi korišćenje društvenih mreža bilo uspešno potrebno je motivisati korisnike da učestvuju (Molinillo et al., 2019).

Lowndes i ostali su predstavili 5 faktora koji su motivacija građanima da *učestvuju* (Lowndes et al., 2006). Oni tvrde da su građani najefikasniji i najzainteresovaniji za učešće kada (1) imaju potrebne resurse i znanje, (2) imaju osećaj povezanosti sa inicijativom, odnosno ona za njih ima smisla, (3) imaju mogućnost da učestvuju, (4) kada im zvanične ustanove ili volonteri zatraže učešće, (5) kada vide dokaz da njihovo učešće ima efekta.

Često se u literaturi može naći i termin *građansko učešće* koje se definiše i kao „učestvovanje u bilo kojoj organizovanoj aktivnosti u kojoj se individualno učestvuje bez naplate radi postizanja zajedničkog cilja“ (Zimmerman and Rappaport, 1988). Berntzen i Johannessen (Berntzen and Johannessen, 2016) su građansko učešće podelili u tri kategorije i to: građanska kompetencija i ekspertiza, građani kao prikupljači podataka i građani kao demokratski učesnici.

Građansko učešće je vezano za termine crowdsourcing (Sindlinger, 2010) i crowdsensing koji predstavljaju generisanje podataka i opažanje senzorskih podataka od strane grupe građana (gomile, eng. crowd) respektivno (Guo et al., 2014). Iako crowdsensing u svojoj osnovi uključuje ljude, on nije predmet razmatranja u ovom poglavlju jer se više odnosi na IoT. Crowdsourcing je čin dodeljivanja zadatka, koji je tradicionalno dodeljivan određenom agentu (poput radnika ili ugovorene strane), spoljnim saradnicima na način da ga može izvršiti velika grupa ljudi. On omogućava da se iskoristi moć mase radi izvršavanja zadataka koje je ranije mogao da obavi samo mali broj ljudi.

Estellés-Arolas i González-Ladrón-de-Guevara (2012) su napravili uporednu analizu različitih definicija crowdsourcinga u naučnim radovima ističući da termin konstanto evoluirao i da postoji nedostatak konsenzusa u tome šta on tačno jeste. Oni su predložili svoju definiciju Crowdsourcinga kao tip učešća u online aktivnosti u kojoj individua, organizacija ili kompanija predlaže heterogenoj grupi individua različitog nivoa znanja, preko otvorenog poziva, dobrovoljno učešće u zadatku. Učešće u zadacima različite kompleksnosti i modularnosti, u kojem masa može da ulaže svoj novac, znanje, rad, iskustvo treba da bude na obostranu korist.

3.6 Društvene akcije

Osnovni koncept koji opisuje interakciju korisnika sa društvenim mrežama definisan je kao *društvena akcija (da)*. Maamar i ostali definišu društvene akcije kao operacije koje Web 2.0 aplikacije omogućavaju korisnicima da izvrše bilo online ili offline (Maamar et al., 2015). Međutim ne mogu se sve operacije izvršene preko Web 2.0 aplikacija smatrati društvenim akcijama iz razloga što Web 2.0 aplikacije nude i operacije koje se ne mogu označiti kao „društvene“, kao na primer logovanje na sajtu, promena privatnih podataka i tome slično.

Među Web 2.0 aplikacijama postoji veliki broj popularnih društvenih mreža koje nude različite funkcionalnosti i koje imaju za cilj različite grupe korisnika (od tinejdžera do starijih ljudi), kao i onih koje služe za razbibrigu ili poslovno umrežavanje. Uprkos svojoj popularnosti, svaka društvena mreža ima neka karakteristična ograničenja kao što su maksimalan broj karaktera u

poruci na Twitter-u, ograničenje samo na video sadržaj na Snapchat-u, ograničenje samo na foto i video sadržaj na Instagram-u i slično. Uprkos ovim navedenim različitostima u ograničenjima, na njima se mogu naći i sličnosti u načinu objavljivanja društvenih akcija i interakcije sa korisnicima.

Faci i ostali kategorišu društvene akcije u tri kategorije i to one namenjene za: *komunikaciju*, *deljenje sadržaja*, i one za *obogaćivanje sadržaja*, gde jedna društvena akcija može, a ne mora istovremeno biti prisutna u više kategorija (Faci et al., 2017). U Tabeli 2 su prikazane kategorije, njihovi odgovarajući opisi i primeri društvenih akcija.

Tabela 2 Kategorije društvenih akcija

Kategorija	Opis	Primer društvene akcije
Komunikacija	Akcije koje omogućavaju i podstiču dvosmernu interakciju među korisnicima.	<ul style="list-style-type: none"> • Slanje direktne poruke korisnicima • Chat sa jednim ili više korisnika
Deljenje sadržaja	Akcije koje obezbeđuju jednosmernu interakciju, i omogućavaju kreiranje i menjanje deljenog sadržaja, kao i korišćenje tog sadržaja.	<ul style="list-style-type: none"> • Objavljivanje posta na blogu ili web sajtu • Postavljanje slike ili videa na društvenoj mreži • Deljenje već objavljenih sadržaja
Obogaćivanje sadržaja	Akcije koje obezbeđuju dodatne meta podatke već objavljenom sadržaju.	<ul style="list-style-type: none"> • Tagovanje osoba na slikama • Geotagovanje slika • Komentarisanje postova, itd.

Drugi način kategorizacije društvenih akcija je predstavljen u radovima (Ugljanin et al., 2017; 2018b) gde su društvene akcije kategorisane u:

- *Inicijalne* – prva društvena akcija nakon koje sve prateće društvene akcije mogu biti izvršene.
- *Odgovor* – reakcija na inicijalnu društvenu akciju koja može obezbediti dodatne meta podatke ili biti okidač novih društvenih akcija.
- *Promocija* – prosleđivanje ishoda inicijalne društvene akcije koju je neko izvršio u vidu nove inicijalne društvene akcije.

Tabela 3 prikazuje odgovarajuće društvene akcije na poznatim društvenim mrežama prema prethodno pomenutoj kategorizaciji. U ovom radu se razmatraju dva izvršioca društvenih

akcija od interesa, a to su *pametni grad* i *građani*. Iniciranje društvenih akcija je rezervisano samo za pametni grad iz mnoštva razloga, između kojih je i privatnost građana. Sa druge strane od građana se očekuje da reaguju društvenim akcijama koje spadaju u kategorije odgovora i promocije.

Tabela 3 Društvene akcije na društvenim mrežama

Društvena mreža / Kategorije akcija	Facebook	Twitter	Instagram
Inicijalna	Post	Tweet	Post
Odgovor	<ul style="list-style-type: none"> • Komentar, • odgovor na komentar, • reakcije (like, love, HaHa, WoW, Angry, Sad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Odgovor • Like 	<ul style="list-style-type: none"> • Like • Komentar
Promocija	Share, slanje poruke	Retweet, quote tweet	Send to

Gledajući na društvene akcije sa stanovišta njihovog sadržaja one se mogu podeliti na one sa sadržajem ili bez sadržaja.

- *Društvene akcije sa sadržajem* su one koje nisu predefinisane od strane Web 2.0 aplikacije u kojima korisnik prenosi svoj stav po nekom pitanju. One mogu biti u tekstualnom, foto ili video formatu, dok su u ovom radu razmatrane samo tekstualne. Primer ovih akcija je komentarisanje statusa, postavljanje videa ili fotografije.
- *Društvene akcije bez sadržaja* su akcije koje su specifične za svaku Web 2.0 aplikaciju, i korisnik može odabrati neku od dozvoljenih akcija. Primer ovih akcija na društvenoj mreži Facebook su reakcije „Like“, „Love“, „Sad“ i slično.

3.6.1 Autorizovane relacije među društvenim akcijama

Sekvenca društvenih akcija povezana je društvenim relacijama i čini *društveni tok (dt)*. U sklopu (kontekstu) istraživanja u ovoj disertaciji razmatrane su *vremenski označene autorizovane relacije* $VAR_{app2,0}^d$ između društvenih akcija u radu (Kajan et al., 2020), a koje se mogu izvršiti u Web 2.0 aplikacijama. Istaknuto je da razvoj društvenog toka zavisi od autorizovanih relacija koje Web 2.0 aplikacija podržava za povezivanje društvenih akcija.

Svaka Web 2.0 aplikacija podržava ograničen broj (sledećih) društvenih akcija koje korisnici samostalno mogu izvršiti. Iako ove relacije nisu eksplicitno prikazane u Web 2.0 aplikaciji, ovde su istaknute da bi označile sledeću moguću društvenu akciju i predložile sledeću moguću društvenu akciju korisnicima uzevši u obzir prethodno izvršenu društvenu akciju. Označavanje sledeće moguće društvene akcije je važno u procesu izgradnje društvenog toka, jer ono omogućava praćenje razmena i povezivanje društvenih akcija u „letu“.

Tabela 4 Ilustracija nekih autorizovanih relacija među društvenim akcijama

Web 2.0 aplikacija	Društvena akcija	Sledeća moguća društvena akcija
Facebook	post	[0..*]like [0..*]comment [0..*]share [0..*]edit [0..1]delete
	share	[0..*]like [0..*]comment [0..*]share [0..*]edit [0..1]delete
	like	[0..1]unlike
	follow	[0..1]unfollow
	comment	[0..*]like [0..*]reply [0..*]edit [0..1]delete
	reply	[0..*]like [0..*]reply [0..*]edit [0..1]delete
	friend request	[0..1]confirm ⊕ [0..1]delete
Twitter	tweet	[0..*]reply [0..*]re-tweet [0..*]like [0..1]delete
	reply	[0..*]reply [0..*]like [0..1]delete
	quote tweet	[0..*]reply [0..*]like [0..1]delete
	like	[0..1]unlike
Instagram	post	[0..*]send to [0..*]comment [0..*]like [0..1]delete
	comment	[0..*]reply [0..*]like [0..1]delete
	reply	[0..*]like [0..1]delete
	follow	[0..1]accept ⊕ [0..1]deny
	send to	[0..1]like ⊕ [0..*]comment

Tabela 4 predlaže primere sledeće moguće društvene akcije u nekim reprezentativnim Web 2.0 aplikacijama. U ovoj tabeli, [0/1..*] nula/jedan ili više društvenih akcija će biti izvršeno, dok su (||) i (⊕) or ili xor logički operatori, svaki posebno. Za analiziranje nekih autorizovanih relacija uzete su u obzir i Deckerove i Lesserove (Decker and Lesser, 1992) relacije koordinacije među zadacima i to: *facilitates*, *cancels*, *inhibits*, *constains*, *enables* i *causes*.

Obzirom da prve tri nisu kompatibilne sa problematikom društvenih tokova, razmatrane su preostale.

- $enables(da_i, \{da_j\})$: nakon uspešnog izvršavanja društvene akcije da_i , Web 2.0 aplikacija aktivira sledeće društvene akcije $\{da_j\}$ od kojih korisnici mogu da izvrše neke (npr., nijednu ili više) i više puta. Primeri su $enables(share, \{like\})$ i $enables(post, \{share, comment, like\})$ na Facebook-u, ili $enables(tweet, \{reply, retweet, like\})$ na Twiter-u.
- $constrains(da_i, \{da_j\})$: nakon uspešnog izvršavanja društvene akcije da_i , Web 2.0 aplikacija aktivira ostale društvene akcije $\{da_j\}$, od kojih korisnik može izvršiti samo jednu da_j . Primeri su $constrains(friend request, \{confirm, delete\})$ na Facebook-u, ili $constrains(follow, \{accept, reject\})$ in Instagramu.
- $causes(da_i, \{da_j\})$: nakon uspešnog izvršavanja društvene akcije da_i , nova društvena akcija da_j se automatski izvršava. Primer je $causes(add friend, \{follow\})$ na Facebooku.

Za proveru ovih tvrdnji korišćena je Facebook stranica fiktivne kompanije *greenUtility* i društvene akcije definisane u Tabeli 5.

Administrator stranice *greenUtility* započinje proces objavljivanjem statusa u jednom od dozvoljenih formata (tekst, foto, video). Objavljeni post omogućava administratoru i (ne)poznatim korisnicima Facebook-a da izvrše neku od sledećih dozvoljenih društvenih akcija nad tim postom (komentarišu, lajkuju, dele).



Slika 3 Dozvoljene relacije na Facebook-u

Ova dozvoljena relacija je definisana korišćenjem *enables* kako je definisano u redu #1 Tabele 5, a na Slici 3 prikazana i označena kao VAR_1 .

Na isti način izvršavanjem neke od ovih dozvoljenih društvenih akcija će se omogućiti izvršavanje novih dozvoljenih društvenih akcija kao rezultat lančane reakcije (red #2-4 u Tabeli 5). Na primer, izvršavanje komentara nakon posta omogućava da komentar može da se lajkuje (like) ili da se odgovori na njega (reply) (predstavljeno kao VAR_2 u Tabeli 5 i Slici 3).

VAR^1 (red #1 u Tabeli 5) uključuje relaciju *constrains* posle društvene akcije slanja zahteva za prijateljstvo, nakon čega se ograničava sledeća akcija na prihvatanje ili brisanje zahteva. Primer *causes* relacije je dat u VAR_5 red #5 u Tabeli 5 pokrećući automatsko izvršavanje *follow* društvene akcije nakon *praćenja* (like-ovanja) Facebook stranice.

Tabela 5 Neke dozvoljene relacije na Facebook-u

Broj reda	Kada	Dozvoljena relacija
1	Inicijalno	$VAR_1 = \{$ <i>enables</i> (<i>post</i> , { <i>like</i> , <i>comment</i> , <i>share</i> }), <i>enables</i> (<i>share</i> , { <i>like</i> }), <i>enables</i> (<i>like</i> , { <i>unlike</i> }), <i>enables</i> (<i>comment</i> , { <i>like</i> , <i>reply</i> }), <i>constrains</i> (<i>request</i> , { <i>confirm</i> , <i>delete</i> }) $\}$
2	Posle posta	$VAR_2 = \{$ <i>enables</i> (<i>like</i> , { <i>unlike</i> , <i>comment</i> , <i>share</i> }), <i>enables</i> (<i>comment</i> , { <i>like</i> , <i>reply</i> }), <i>enables</i> (<i>share</i> , { <i>delete</i> }) $\}$
3	Posle komentara na post	$VAR_3 = \{$ <i>enables</i> (<i>like</i> , { <i>unlike</i> , <i>reply</i> }), <i>enables</i> (<i>reply</i> , { <i>like</i> , <i>reply</i> }) $\}$
4	Posle odgovora na komentar	$VAR_4 = \{$ <i>enables</i> (<i>like</i> , { <i>unlike</i> , <i>reply</i> }), <i>enables</i> (<i>reply</i> , { <i>like</i> , <i>reply</i> }) $\}$
5	Posle praćenja Facebook strane	$VAR_5 = \{$ <i>enables</i> (<i>like</i> , { <i>unlike</i> }), <i>causes</i> (<i>like</i> , { <i>follow</i> }) $\}$

3.6.2 Društvene mreže i poslovni procesi

U kontekstu istraživanja u ovoj disertaciji značajno je definisati vezu između poslovnih procesa i društvenih akcija (mreža) pa je u radu (Faci et al., 2016) predstavljeno upravljanje tokovima u poslovnim procesima, gde su definisani koncepti *kontrolnog toka* (kt) i *društvenog toka* (dt), kao i *poslovni zadaci* (pz) i društvene akcije (da).

Kontrolni tok predstavlja model poslovnog procesa. On se sastoji od poslovnih zadataka i njihovih zavisnosti. Formalno kt je skup od četiri elementa $\langle PZ^k, ZV^k, IPZ^k, FPZ^k \rangle$ gde:

- PZ^k sadrži sve poslovne zadatke u poslovnom procesu
- $ZV^k \subseteq PZ^k \times PZ^k$ je skup svih zavisnosti između poslovnih zadataka
- $IPZ^k \subseteq PZ^k$ je skup inicijalnih poslovnih zadataka, i
- $FPZ^k \subseteq PZ^k$ je skup finalnih poslovnih zadataka

Veza između poslovnog i društvenog sveta (veza-p2d) se ostvaruje kada nakon uspešnog izvršavanja poslovnog zadatka u kontrolnom toku, korisnik može da izvrši društvenu akciju kao odgovor na ovo izvršavanje. Ova društvena akcija može inicirati kreiranje društvenog toka.

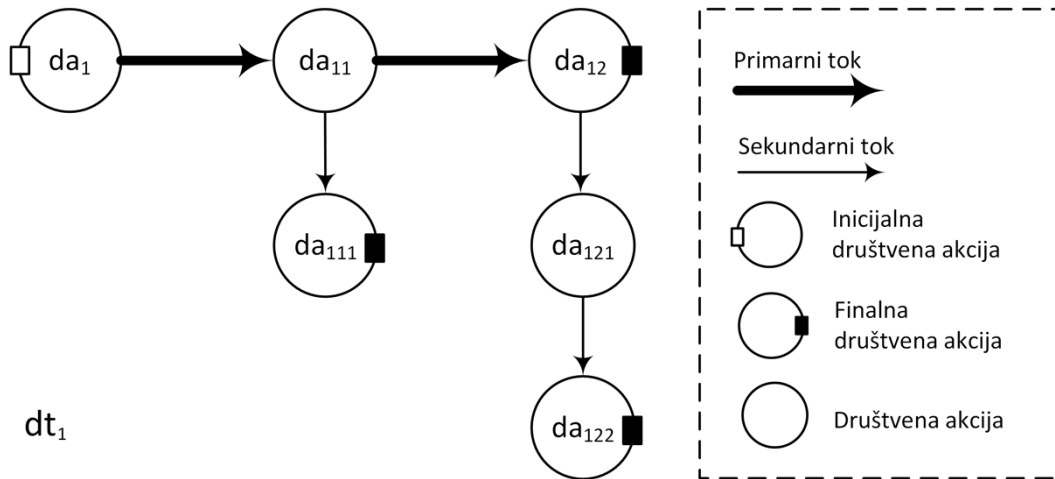
Društveni tok je skup društvenih akcija koje nastaju u hodu. U društvenom toku uvek ima jedna društvena akcija koja je inicijalna, a ostale su ili prateće ili finalne. Inicijalna akcija može biti direktno povezana sa poslovnim svetom kao rezultat nekog zadatka u kontrolnom toku. Veze među društvenim akcijama u društvenom toku su uslovljene dozvoljenim akcijama koje odgovarajuća Web 2.0 aplikacija obezbeđuje među svojim društvenim akcijama i nivoima ugnježdavanja društvenih akcija koji su podržani od strane te Web 2.0 aplikacije¹. Odabir konkretne sledeće društvene akcije zavisi od konteksta (npr., raspoloženje korisnika) koji su van opsega ovog rada.

Formalno dt se može predstaviti kao skup elemenata $\langle A_{app_{2,0}}^d, VAR_{app_{2,0}}^d, da_0^d, FDA^d \rangle$ gde:

- $A_{app_{2,0}}^d \subseteq A_{app_{2,0}}$ sadrži društvene akcije Web 2.0 aplikacije koju korisnik dobrovoljno odluči da koristi

¹ Na primer, 1 nivo ugnjeđenosti društvenih akcija može podržavati dva tipa društvenih tokova: primarni i sekundarni. U primeru Facebooka komentar je primarni tok, a odgovor na komentar je sekundarni tok.

- $VAR_{app2,0}^d: A_{app2,0}^d \times NR_{app2,0} \rightarrow A_{app2,0}^d$ je funkcija koja odgovara vremenski označenoj autorizovanoj relaciji (VAR) koja spaja društvenu akciju na određenom nivou razmene ($NR \in NR_{app2,0}$), sa drugom društvenom akcijom
- $da_0^d \in A_{app2,0}^d$ je inicijalna društvena akcija, i
- $FDA^d \subseteq A_{app2,0}^d$ je skup finalnih društvenih akcija



Slika 4 Primer društvenog toka u vidu grafa gusenice

Na Slici 4 je prikazan primer društvenog toka u vidu grafa gusenice (eng. caterpillar) (Ilić, 2011) gde primarni tok (primarna gusenica) predstavlja prvi nivo grananja (u primeru Facebook-a komentare na inicijalni post), a dva sekundarna toka (sekundarne gusenice) predstavljaju drugi nivo grananja (u primeru Facebook-a odgovori na komentare). U daljem tekstu je formalno predstavljen tok dt_1 .

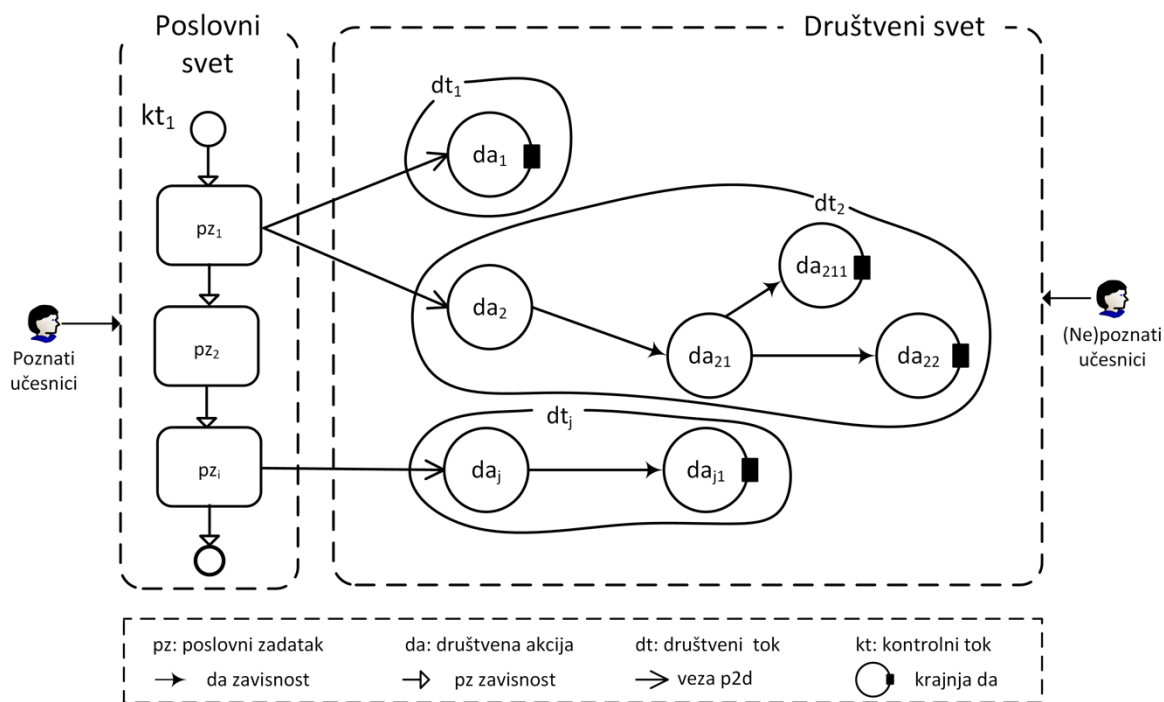
$$dt_1 = \langle A_{app2,01}^d, VAR_{app2,01}^d, da_{01}^d, FDA_1^d \rangle$$

gde je:

- $A_{app2,01}^d = \{da_1, da_{11}, da_{111}, da_{12}, da_{121}, da_{122}\}$
- $VAR_{app2,01}^d = [(da_1, da_{11}), (da_{11}, da_{12})], [[(da_{11}, da_{111})]], [[(da_{12}, da_{121}), (da_{121}, da_{122})]]$
- $da_{01}^d = da_1$
- $FDA_1^d = \{da_{111}, da_{12}, da_{122}\}$

U ovom društvenom toku postoje dva nivoa razmene predstavljena sa [] i [[]] gde je sa [] predstavljena jedna primarna gusenica, a sa [[]] su predstavljene dve sekundarne gusenice.

Na Slici 5 su predstavljeni kontrolni i društveni tok, kao i način povezivanja ova dva toka. Kontrolni tok označen sa kt_1 je deo poslovnog sveta, a tri društvena toka dt_1 , dt_2 i dt_j su deo društvenog sveta.



Slika 5 Tokovi u poslovnom i društvenom svetu

Uspešno izvršavanje određenih zadataka u kontrolnom toku može biti okidač pokretanja društvenih akcija preko neke od Web 2.0 aplikacija (npr., društvena mreža Facebook). Rezultati ovih društvenih akcija mogu ohrabriti nove korisnike za izvršavanje novih društvenih akcija i tako redom.

Ovaj lanac izvršavanja povezanih društvenih akcija može rasti sve dok se ne ispune neki terminalni uslovi (npr., kompletiranje kontrolnog toka ili ukoliko korisnici više nemaju interesa za objavljivanje novih društvenih akcija). Razlozi za to koja društvena akcija treba da bude izvršena i koje relacije povezuju određene društvene akcije zavise od više kontekstualnih elemenata (npr., raspoloženje učesnika i lokacija) i poslovnih ishoda (npr., pozitivan profit).

4 B2S4B PLATFORMA

U pametnim gradovima saradnja između IoT uređaja, između ljudi, kao i između IoT uređaja i ljudi može biti obezbeđena uz pomoć specijalizovanih softverskih komponenti koje se u literaturi nazivaju *Društvenim mašinama* (eng. Social Machines - SM), (Maamar et al., 2009), (Schall et al., 2010), (Shadbolt, 2013).

Centralizovana, odnosno monolitna arhitektura ima veliki broj ograničenja kao što su teško održavanje i prilagođavanje, velika zavisnost među komponentama (promena u jednom modulu koja zahteva ponovno pokretanje cele aplikacije), ograničena proširivost, ograničenja u odabiru tehnologija itd. (Dragoni et al., 2017). Chamoso i ostali ističu potrebu da se obezbedi proširivost i ponovno korišćenje delova platformi kao i ostale probleme koji su identifikovani u postojećim platformama pametnih gradova (Chamoso et al., 2020).

Imajući u vidu pomenuta ograničenja i probleme kod postojećih platformi kao značajan rezultat istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji razvijena je B2S4B (Business to Social for Business) platforma kao skup servisa koji su nezavisni, distribuirani, sposobni da se samostalno izvršavaju, proširuju i ponovo koriste i koji komuniciraju preko protokola za objavljivanje i pretplaćivanje (eng. publish/subscribe). Newman (2021) ovakve servise naziva *mikroservisima* (eng. microservices). Ovaj pristup obezbeđuje skalabilnost, otpornost na otkaze, lako održavanje i jednostavnu nadogradnju jer omogućava da svaka komponenta može biti postavljena u kontejner (eng. container) sa drugačijim okruženjem i programskim jezikom sve dok ispunjava zahteve, pa se stoga može nadograditi nezavisno od drugih komponenti.

Aplikativni deo platforme je izuzetno fleksibilan i jednostavan za korišćenje, ne zahteva tehnička znanja za definisanje novih scenarija, nudi mogućnost ponovnog korišćenja servisa, deljenja postojećih funkcionalnih rešenja i njihovo jednostavno proširivanje.

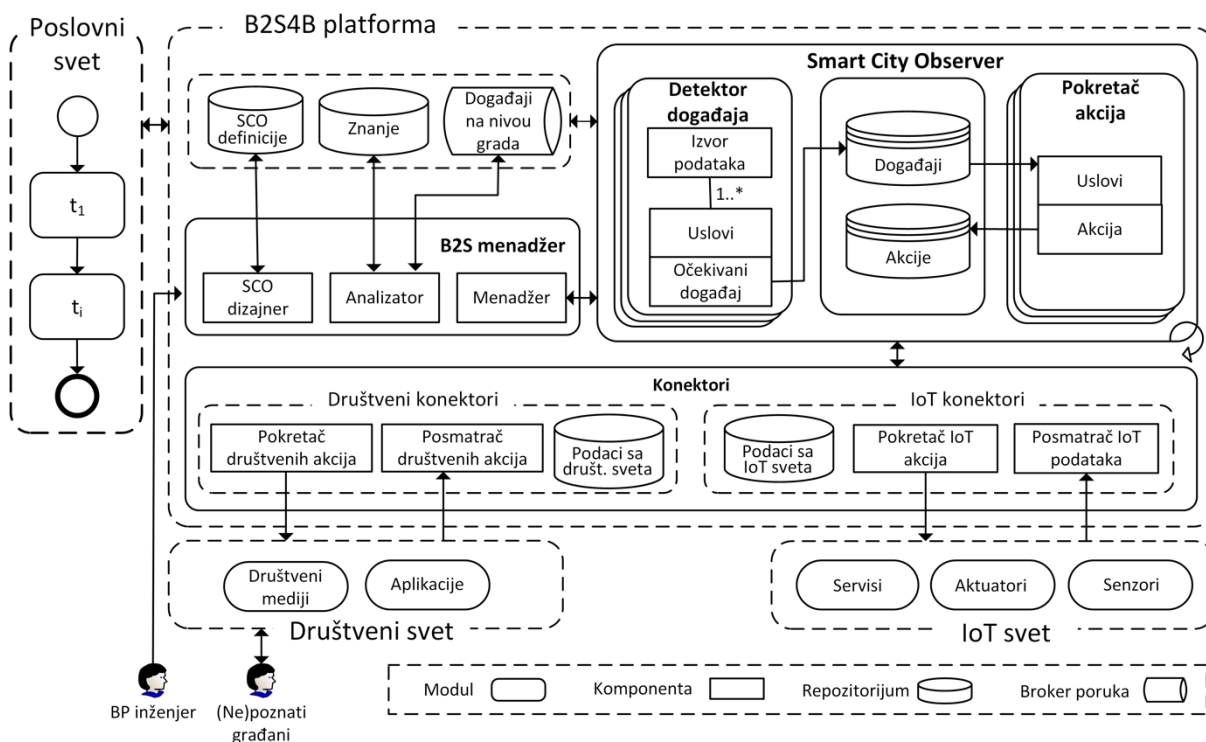
Pored rada na arhitekturi platforme, u procesu njenog osmišljavanja i razvoja razmotreni su i različiti izazovi i problemi u vezi sa podacima poput:

- Kako organizovati nestruktuirane podatke (podaci iz društvenog sveta) i polustrukturirane podatke (podaci iz IoT/fizičkog sveta) prikupljene sa velikog broja različitih izvora?

- Kako obraditi starije, istorijske podatke, kao i nove podatke i tokove podataka, na zahtev i automatski?
- Kako i gde skladištiti velike količine podataka generisane od strane IoT uređaja i društvenih mreža na najefikasniji način?
- Koji format koristiti za razmenu podataka unutar komponenti B2S4B platforme, a da je lako proširiv i lak za prenošenje?

4.1 Arhitektura B2S4B platforme

Arhitektura B2S4B platforme (Slika 6) se sastoji od repozitorijuma (*SCO definicije* i *Znanje*), brokera poruka (Dogadjaji na nivou grada) i tri glavna modula (*B2S menadžer*, *Konektori* i *Smart City Observer - SCO*) kao i komponenti i repozitorijuma unutar njih. U daljem tekstu se nalaze detaljnija pojašnjenja svega pomenutog, počevši od dna prema vrhu prateći tok podataka.



Slika 6 Arhitektura B2S4B platforme

4.2 Komponente i servisi B2S4B platforme

Konektori predstavljaju servise koji su veza između SCO-ova i društvenog sveta (npr., društvene mreže kao što je Facebook i Twitter) ili IoT sveta (npr., semafori, kamere, vremenska prognoza, itd.).

Komunikacija između *Konektora* i *SCO*-a se može obavljati bilo kojim komunikacionim protokolom, sinhronim, poput HTTP-a (Hypertext Transfer Protocol) ili asinhronim, zasnovanim na objavljivanju i pretplaćivanju. *SCO* ne koristi konektore samo u svrhu prikupljanja trenutnih i istorijskih podataka sa društvenog i IoT sveta, već i za reagovanje na pomenutim svetovima u vidu akcije na IoT svetu ili objavljivanja i interakcije sa društvenim svetom.

Pored obezbeđivanja načina komunikacije sa pomenutim svetovima, oni mogu trajno skladištiti podatke u repozitorijumima i obezbeđivati obradu istih na način da nad njima primenjuju određene metrike (filtre) da bi rezultujući podaci koje prosleđuju *SCO*-u dobili potpunije značenje. Jednom prikupljeni podaci od strane *Konektora* su dostupni na zahtev bilo kom *SCO*-u, u bilo koje vreme, jer se čuvaju na *Konektoru* čiji životni ciklus ne zavisi od životnog ciklusa *SCO*-a koji je zahtevao podatke ili se pretplatio na njih. *Konektori* su nezavisni od *SCO*-ova, pa jedan *Konektor* može opsluživati više *SCO*-a u isto vreme.

Semantika prikupljenih podataka nije u fokusu *Konektora* zbog činjenice da isti podaci mogu imati različito značenje za različite *SCO*-ove (npr., 100 vozila u minuti u jednosmernoj ulici može biti znak velike gužve, dok isto opterećenje na autoputu neće biti znak gužve).

Kada je u pitanju odabir mesta na mreži gde će *Konektori* biti postavljeni, to zavisi od tipa izvora podataka i prirode podataka kao i svrhe *Konektora*, pa se *Konektori* mogu postaviti na Cloud ili Fog sloju (poželjno na Edge/Fog-u) i mogu biti napravljeni korišćenjem različitih tehnologija.

U ovom radu su *Konektori* podeljeni u dve kategorije prema prirodi izvora podataka pa imamo *Društvene* i *IoT Konektore*.

Društveni Konektori omogućavaju dvosmernu komunikaciju između B2S4B platforme i društvenog sveta. Oni sadrže dve komponente koje se nazivaju *Pokretač društvenih akcija* i *Posmatrač društvenih akcija*, i jedan repozitorijum *Podaci sa društvenog sveta*.

- *Pokretač društvenih akcija* ima zadatak da inicira društvene akcije, bilo na društvenim medijima ili na aplikacijama pametnog grada (npr. objavljivanje kampanje na Facebook-u, slanje upozorenja vozačevoj navigaciji o promenama u saobraćaju, itd.).
- *Posmatrač društvenih akcija* ima zadatak da prikuplja odgovore građana sa društvenog sveta. Prikupljeni podaci mogu biti obrađeni u realnom vremenu primenjivanjem Natural Language Processing (NLP) ili sličnih tehnika sa ciljem da se detektuju emocije ili izvrši analiza sentimenta.
- Prikupljeni društveni odgovori mogu biti dopunjeni dodatnim informacijama nakon obrade (npr., da li je prikupljena reakcija sa društvene mreže pozitivna ili negativna), a koje mogu biti od koristi u daljoj obradi i čuvaju se u repozitorijumu *Podaci sa društvenog sveta*.

IoT konektori omogućavaju dvosmernu komunikaciju između B2S4B platforme i IoT sveta. Oni sadrže dve komponente koje se nazivaju *Pokretač IoT akcija* i *Posmatrač IoT podataka*, i jedan repozitorijum *Podaci sa IoT sveta*.

- *Pokretač IoT akcija* omogućava kontrolisanje IoT uređaja (senzora i aktuatora) slanjem zahteva za akciju (npr., otvaranje ili zatvaranje kapije parkinga) ili izmenom načina funkcionisanja u procesu rekonfiguracije (npr. menjanje frekvencije očitavanja temperature na senzoru). Promena funkcionisanja IoT uređaja se obavlja menjanjem softvera koji pokreće te uređaje i može uključivati dodavanje novih ili uklanjanje starih mogućnosti.
- *Posmatrač IoT podataka* omogućava B2S4B platformi da bude pretplaćena na sirove podatke koje IoT uređaji proizvode, a isti podaci se mogu obraditi, proširiti/obogatiti pre prosleđivanja ili čuvanja.
- Sirovi ili obrađeni podaci se čuvaju se u repozitorijumu *Podaci sa IoT sveta*.

Smart City Observer se sastoji od dve komponente: *Detektor događaja* i *Pokretač akcija* i dva repozitorijuma *Akcije* i *Događaji*.

- *Detektor događaja* analizira podatke prikupljene sa izvora podataka (preko *Konektora* ili drugog *SCO*), i pokušava da identifikuje događaje prema definisanim uslovima za svaki izvor pojedinačno. Detektovani događaji se čuvaju lokalno u okviru *SCO*-a u repozitorijumu *Događaji*, a emituju se drugim komponentama B2S4B platforme kao *Događaj na nivou grada* preko brokera poruka, da bi omogućili detaljniju analizu na strani *Analizator*-a.

- *Pokretač akcija* analizira detektovane događaje i preuzima odgovarajuće akcije prema definisanim uslovima u repozitorijumu *SCO definicije*. Svaka izvršena akcija se čuva u repozitorijumu *Akcije*, a ujedno može emitovati i događaj od značaja kao *Događaj na nivou grada* preko brokera poruka.

B2S menadžer se sastoji od tri komponente i to *SCO dizajner*, *Menadžer* i *Analizator*.

- *SCO dizajner* omogućava inženjeru poslovnog procesa da ručno kreira, nadogradi ili izmeni *SCO definicije* na osnovu kojih se kasnije iniciraju *SCO*-ovi.
- Upravljanje životnim ciklusom *SCO*-a se obavlja preko komponente *Menadžer*, i ukoliko se radi ručno onda se inicira od strane inženjera, dok automatska kontrola zavisi od komponente *Analizator*.
- Komponenta *Analizator* ima zadatak da posmatra sve *Događaje na nivou grada* preko brokera poruka koji su detektovani od strane bilo kog *SCO*-a i na osnovu pravila smeštenih u repozitorijumu *Znanje* donosi zaključke vezane za automatski proces rekonfiguracije. Ona takođe omogućava automatsku izmenu *SCO definicija* i automatsko upravljanje *SCO*-ovima.

Repozitorijum *Znanje* sadrži pravila koja se odnose na *Događaje na nivou grada* i koriste u procesu rekonfiguracije.

SCO definicije sadrže „skice“ *SCO*-ova, i mogu se koristiti više puta za njihovo instanciranje, proširivati i menjati po potrebi.

Pored ovih modula i komponenti, B2S4B platforma ima i broker poruka nazvan *Događaji na nivou grada*, preko koga dobija poruke o svim detektovanim događajima u pametnom gradu u vidu konstantnog toka podataka kao i pristup događajima u prošlosti.

5 DRUŠTVENI KONEKTORI

Društveni konektori su samostalni servisi koji omogućavaju dvosmernu komunikaciju sa društvenim svetom, bilo preko društvenih mreža ili preko specijalizovanih mobilnih/Web aplikacija koje omogućavaju interakciju sa građanima radi unapređenja servisa pametnog grada. Kada su u pitanju specijalizovane aplikacije za interakciju sa građanima, rezultati su lako merljivi i konačni su, kao na primer kada građani prijavljuju incidente ili događaje. Sa druge strane, kada su u pitanju društvene mreže, rezultati često nisu lako merljivi jer zavise od konteksta, interesovanja građana, načina reakcija građana, količine reakcija i još mnogo drugih faktora. U ovom poglavlju je predstavljen pristup analizi uspešnosti aktivnosti na društvenoj mreži Facebook kreiranjem *društvenog toka (dt)* (tj. usmerenog grafa koji se često u literaturi naziva gusenica, eng. caterpillar), od prikupljenih društvenih akcija kojima se dodeljuju određene težine radi evaluacije. Takođe su predstavljene metrike za merenje uspešnosti kampanja na Facebook-u.

5.1 Metode za merenje društvenih akcija i tokova

U radu (Kajan et al. 2020) analizirani su društveni tokovi kreirani na osnovu društvenih akcija prikupljenih sa Facebook-a kao i načini njihovog merenja. Oni započinju objavom (statusom) koji grad objavljuje na svojoj Facebook strani, a koji privlači reakcije građana u vidu komentara, odgovora na komentare i reakcija (Like, Love, Sad, Angry, HaHa) na pomenute društvene akcije. Zbog karakteristika društvenog toka u kome može nekontrolisano učestvovati više nezavisnih korisnika i koji se može kontinuirano menjati, potrebno je uvesti metode kojima će se dati merljiva vrednost svakom društvenom toku radi evaluacije uspešnosti.

Stoga su razvijeni *Lokalni*, *Globalni* i *Kumulativni ishod* kao metode koje se koriste u procesu analiziranja društvenog toka i njegovog merenja.

5.1.1 Lokalni ishod

Lokalni ishod (LI) se odnosi samo na analiziranje jedne korisničke akcije kao što je reakcija na neki komentar, ili sami komentar. Potrebno je dodeliti određenu vrednost svakoj društvenoj akciji u društvenom toku, a ona se može dobiti analiziranjem sentimenta društvene akcije ili

dodeljivanjem vrednosti na odnosu tipa društvene akcije. Dobijena vrednost se kasnije može iskoristiti u daljim analizama. Društvene akcije su u daljem tekstu podeljene na one koje imaju sadržaj (npr. komentar, odgovor na komentar, i sl.,) i one bez sadržaja koje same po sebi imaju merljivo značenje bez dodatne analize (npr., reakcije poput Like, Love, Sad, itd.).

Formalno LI se definiše prema Formuli 1.

$$LI_{da} = \begin{cases} analizaSentimenta(da), da ima sadržaj \\ dodeljivanjeVrednosti(da), da nema sadržaj \end{cases}$$

Formula 1 Lokalni ishod

Za dobijanje vrednosti iz društvenih akcija koje imaju sadržaj koristi se funkcija *analizaSentimenta*. Ona može koristiti neki od alata za analiziranje sentimenta kao što je CoreNLP (Manning et al., 2014). Koristeći CoreNLP za analiziranje sentimenta nekog teksta dobija se numerička vrednost sa specifičnim značenjem. Tako dobijena vrednost -2 označava „vrlo negativno“, -1 je „negativno“, 0 je „neutralno“, 1 je „pozitivno“ i 2 je „vrlo pozitivno“.

Za dobijanje vrednosti iz društvenih akcija koje nemaju sadržaj koristi se funkcija *dodeljivanjeVrednosti* gde se vrednosti dodeljuju društvenim akcijama prema zdravom razumu. U primeru Facebook-a koji je korišćen u ovom radu, društvenim akcijama su dodeljene vrednosti pa su „Wow“ i „Love“ ocenjene kao „vrlo pozitivno“, „Like“ je „pozitivno“, „Angry“ je „vrlo negativno“, „Sad“ je „negativno“, a „HaHa“ je „neutralno“.

5.1.2 Globalni ishod

Globalni ishod (GI) predstavlja zbirnu povratnu informaciju društvenih akcija bez sadržaja i sekundarnih suseda u vremenu t . Broj sekundarnih suseda zavisi od nivoa ugnježdivanja u Web 2.0 aplikaciji. On uzima u obzir sve *Lokalne ishode (LI)* suseda od interesa, pa tako ako negativan komentar na kampanju dobije reakciju „Like“, ta reakcija se neće računati kao pozitivan ishod na kampanju, već naprotiv kao negativan.

Formalno se GI definiše prema Formuli 2.

$$GI(da, t) = \begin{cases} znak(da_{roditelj}) \times LI(da) \\ znak(da_{roditelj}) \times LI(da) + \sum_{i=1}^k GI(da_i, t), da \text{ je u sekundarnom dt} \\ LI(da) + \sum_{i=1}^k GI(da_i, t) + \sum_{j=1}^m GI(da_j, t), da \text{ je u primarnom dt i } \neq da_0^d \end{cases}$$

Formula 2 Globalni ishod

Gde je:

- $da_{roditelj}$ roditelj društvene akcije u društvenom toku,
- $znak$ je funkcija koja vraća +1 ako je $LI(da_{roditelj})$ pozitivan ili neutralan, dok u suprotnom vraća -1.
- da_i je sused da bez sadržaja,
- dok se da_j odnosi na sve sekundarne susede da .

Važno je naglasiti da je $GI(da_0^d, t) = \sum_{j=1}^m GI(da_j, t)$, gde se da_j odnosi na sve primarne susede da_0^d .

Listing 1 prikazuje algoritam primene Formule 1 i Formule 2 za izračunavanje *Lokalnog* i *Globalnog ishoda* u primeru društvene mreže Facebook. Analiziraju se sledeće društvene akcije: inicijalni post, komentari na post, reakcije na post, reakcije na komentare, odgovori na komentare i reakcije na odgovore na komentare. Na kraju svakog kruga izvršavanja, svaka društvena akcija u društvenom toku dobije vrednost *Lokalnog* i *Globalnog ishoda* koji se kasnije koristi u procesu analize i prezentacije.

- Linije 4-8 predstavljaju sve reakcije na inicijalni post. Funkcija dodeljivanje Vrednosti() funkcija dodeljuje vrednost prema tipu reakcije, koja se onda množi sa znakom posta da bi se dobio i *Globalni ishod reakcije*. Dalje se svi *Globalni ishodi reakcija* sabiraju i dodeljuju *Globalnom ishodu posta*.
- Linije 9-28 listaju sve komentare na inicijalni post, uključujući i reakcije na komentar, odgovore na komentar i reakcije na odgovore na komentar. Sve ovo utiče na *Globalni ishod posta* i komentara preko ugnježenih petlji. Sentiment vrednost komentara i odgovora na komentar se proverava preko CoreNLP alata, a množi se sa znakom posta da bi se dobio *Globalni ishod* i onda se dodeljuje *Globalnom ishodu posta*.

- Linije 12-16 listaju reakcije na komentare. Ovde se *znak komentara* uzima u obzir i utiče na vrednost *Globalnog ishoda reakcije*. U ovom koraku se može desiti da pozitivna reakcija sa vrednošću *Lokalnog ishoda* +1, obzirom da je dodeljena negativnom komentaru, dobije vrednost *Globalnog ishoda* -1. Takođe *Globalni ishod* se dodeljuje i postu.
- Linije 17-26 listaju odgovore na komentar, analizira se vrednost sentimenta odgovora na komentar i koristi *znak komentara* koji je roditeljska društvena akcija. U *Globalni ishod odgovora na komentar* se uračunavaju i reakcije na odgovore na komentar po istom sistemu kao i reakcije na komentar. *Globalni ishod komentara* u sebi sadrži i *Globalne ishode odgovora na komentar*.
- Na kraju, linija 27 sumira sve *Globalne ishode komentara* u *Globalni ishod posta* i na taj način se dobija vrednost celog društvenog toka.

Listing 1 Izračunavanje Lokalnog/Globalnog ishoda

```

1  for all postovi as p do
2    p:LS = 0
3    p:GS = 0
4    for all reakcijeNaPost as rp do
5      rp:LS = dodeljivanjeVrednosti(rp)
6      rp:GS = znak(p) * rp:LS
7      p:GS = p:GS + rp:GS
8    end for
9    for all komentariNaPost as cp do
10     cp:LS = analizaSentimenta(cp:feedback)
11     cp:GS = znak(p) * cp:LS
12     for all reakcijeNaKomentar as rc do
13       rc:LS = dodeljivanjeVrednosti(rc)
14       rc:GS = znak(cp) * rc:LS
15       cp:GS = cp:GS + rc:GS
16     end for
17     for all odgovoriNaKomentar as rpc do
18       rpc:LS = analizaSentimenta(rpc:feedback)
19       rpc:GS = znak(cp) * rpc:LS
20       for all reakcijeNaOdgovor as rr do
21         rr:LS = dodeljivanjeVrednosti(rr)
22         rr:GS = znak(rpc) * rr:LS
23         rpc:GS = rpc:GS + rr:GS
24       end for
25       cp:GS = cp:GS + rpc:GS
26     end for
27     p:GS = p:GS + cp:GS
28   end for
29 end for

```

5.1.3 Kumulativni ishod

Kumulativni ishod (KI) predstavlja zbir društvenih akcija direktnih suseda u vremenu t . Broj direktnih suseda zavisi od nivoa ugnježdavanja Web 2.0 aplikacije. Formalno se *KI* definiše preko Formule 3.

$$KI(da) \begin{cases} GI(da) + KI(da_i, t), & \text{da je u sekundarnom dt} \\ GS(da) + KI(da_i, t) + KI(da_j, t), & \text{da je u primarnom dt} \end{cases}$$

Formula 3 Kumulativni ishod

Gde su:

- da_i sekundarni čvor i direktni sused da ;
- da_j je primarni čvor i direktni sused da .

Formula 3 obezbeđuje različite kumulativne ishode u zavisnosti od toga da li je društvena akcija primarna ili sekundarna i zavisi od strukture društvenog toka. Kada je u pitanju inicijalna društvena akcija, njen KI se računa rekurzivno koristeći kumulativne ishode svih čvorova.

Slika 7 prikazuje društveni tok na kome je istaknuto kako se izračunavaju (a) *Globalni ishod* i (b) *Kumulativni ishod*. U ovom primeru je radi jednostavnosti podrazumevano da *Lokalni ishod* „komentara“, „odgovora na komentar“ i „reakcije“ imaju vrednost 1.

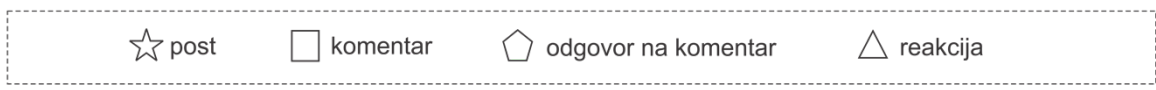
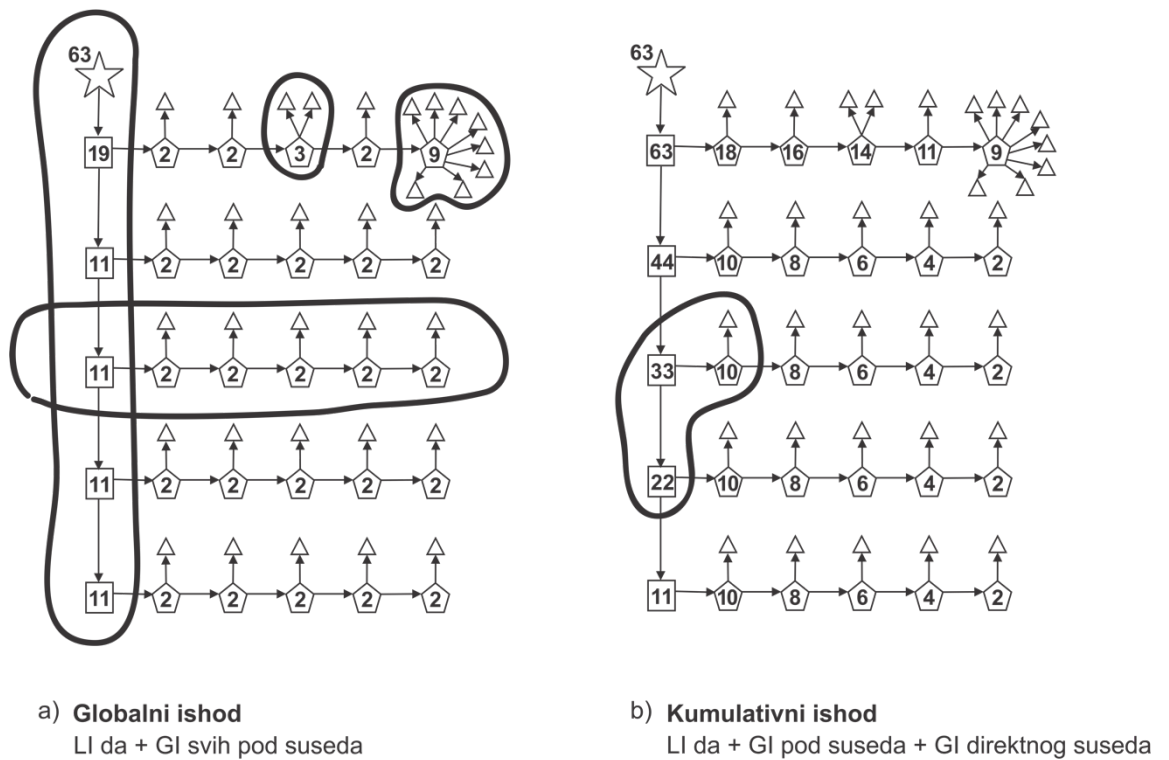
Da bi princip izračunavanja bio jasniji u daljem tekstu su pojašnjeni termini direktni sused i pod-sused. Direktni sused ukazuje na društvene akcije u istom toku. Dakle direktni sused komentara je sledeći komentar, direktni sused odgovora na komentar je sledeći odgovor na isti komentar. Sa druge strane pod-sused se odnosi na grananje u odnosu na neku društvenu akciju, pa pod-sused posta su komentari na post, pod-sused komentara su odgovori na taj komentar, itd.

U primeru (a) se vidi da se za *Globalni ishod* društvene akcije računa *Lokalni ishod* te akcije i njenih pod suseda. Uokvireni delovi društvenog toka ukazuju da:

- Poslednji odgovor na prvi komentar ima 8 reakcija i svoju vrednost, pa mu je *Globalni ishod* $8+1=9$
- Treći odgovor na prvi komentar ima 2 reakcije i svoju vrednost pa mu je *Globalni ishod* $2+1=3$
- Treći komentar uzima sumu *Globalnih ishoda* svih odgovora na komentar i svoj *Lokalni ishod* pa ima vrednost $2+2+2+2+2+1=11$.
- Post, uzima *Globalne ishode* svih komentara i dobija vrednost $11+11+11+11+19=63$

Globalni ishod dakle uzima u obzir samo susede koji nastaju grananjem.

Sa druge strane *Kumulativni ishod* uzima u obzir *Globalni ishod* direktnog suseda i *Globalni ishod* pod-suseda. Stoga, prema tome treći komentar koji ima $LI=1$ dodaje *GI* prvog odgovora na komentar (10) i sledećeg komentara (22) i tako dobija vrednost 33.

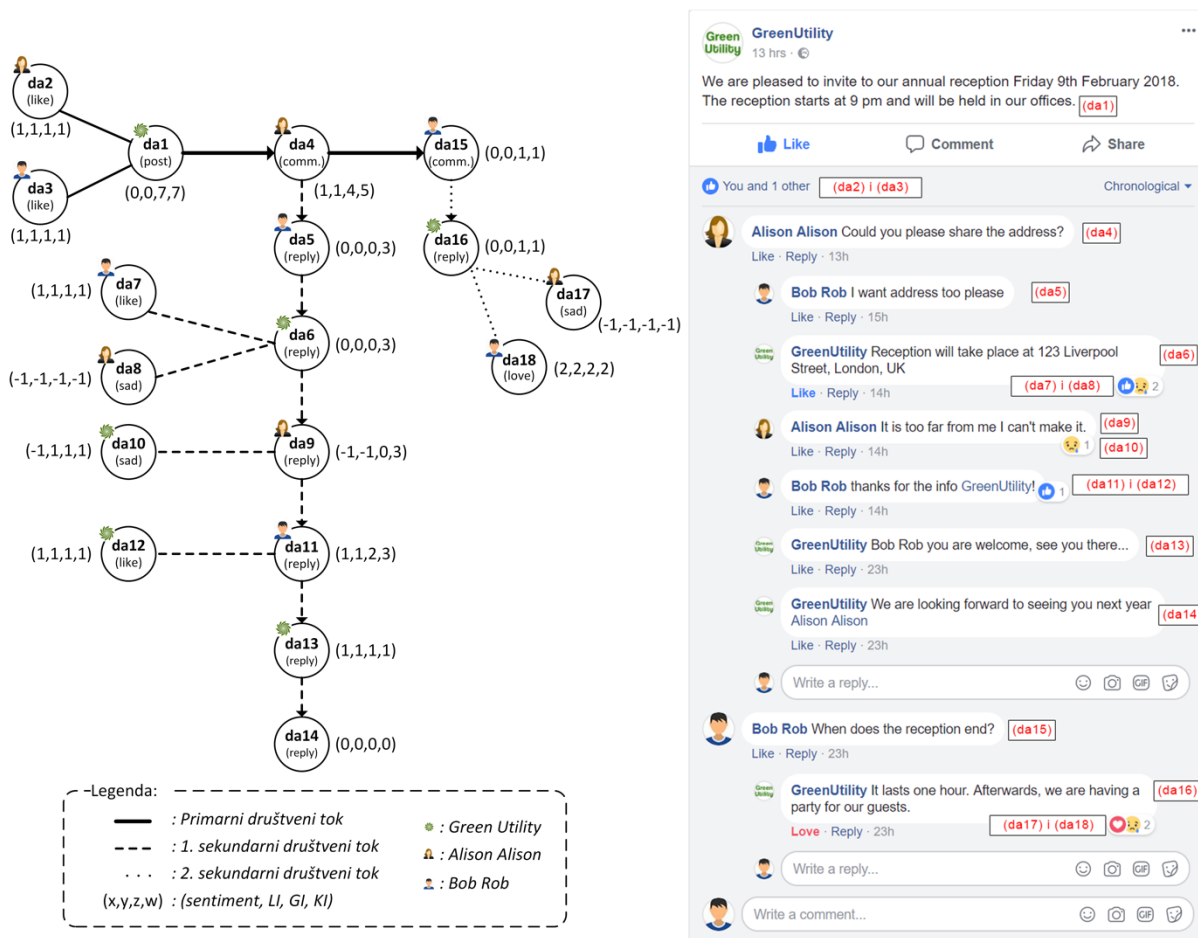


Slika 7 Izračunavanje Globalnog ishoda i Kumulativnog ishoda na istom društvenom toku

U toku razvoja društvenog toka ishodi se automatski menjaju (na primer, ako je reakcija dodeljena komentaru u vremenu $t+1$, *Globalni ishod* komentara u vremenu t i vremenu $t+1$ neće biti isti). Ova promena će uticati na sve čvorove rekursivno do početnog u tom društvenom toku. Ovde je uzet u obzir samostabilizirajući princip (Dolev, 2000) za propagaciju globalnih ishoda pod uticajem nakon svake promene.

5.1.4 Primena pomenutih metoda na primeru Facebook-a

Slika 8 prikazuje primer društvenog toka kreiranog na osnovu kampanje koja je objavljena na Facebook-u u primeru GreenUtility Facebook strane.



Slika 8 Društveni tok sa vrednostima pojedinačnih društvenih akcija na primeru Facebook-a

Na desnoj strani slike se nalazi prikaz ekrana postojeće Facebook kampanje, a na levoj strani je nacrtan društveni tok generisan na osnovu objavljenog statusa, gde su društvene akcije označene sa $da(i)$, dok je i broj društvene akcije. Debljom strelicom je označen primarni društveni tok, a tanjim prvi i drugi sekundarni društveni tok. Svaka akcija ima 4 vrednosti navedene ispod i to: vrednost sentimenta, Lokalni ishod, Globalni ishod i Kumulativni ishod.

5.2 Metrike za analizu kampanja na društvenim medijima

Pored metrika za analizu društvenih tokova, nekada je potrebno analizirati prikupljene podatke i na druge načine da bi se otkrili neki novi podaci i nova znanja koja donosiocima odluka mogu pomoći.

U daljem tekstu su navedene metrike za analizu kampanja i njihovih učesnika i to:

- metrika za merenje atraktivnosti kampanja,
- metrika za merenje lokalne atraktivnosti kampanja,

- metrika za merenje odziva učesnika,
- metrika za merenje dugotrajnosti kampanje, i
- analiza trenda preokreta.

5.2.1 Metrika za merenje atraktivnosti kampanja

Metrika za merenje atraktivnosti kampanja (M_1) služi za detekciju privlačnosti kampanja korisnicima prateći njihove pozitivne, neutralne i negativne odgovore u različitim vremenskim intervalima. Menadžer bi praćenjem rezultata ove metrike mogao da donese odluku da li je potrebno zaustaviti kampanju. Formalno M_1 se je definisana u Formuli 4.

$$M_1(t_i) = \frac{novi(t_i)}{ponovni(t_i) + novi(t_i)}$$

Formula 4 Metrika za merenje atraktivnosti kampanja

Gde su:

- t_i neki vremenski period [od, do] koji može biti izražen u danima, nedeljama, mesecima i slično.
- $novi(t_i)$ predstavlja broj novih učesnika koji su izvršili neku društvenu akciju u vremenskom intervalu t_i , a
- $ponovni(t_i)$ je broj učesnika koji su ranije učestvovali izvršavanjem neke društvene akcije t_{i-1} i koji ponovo izvršavaju društvene akcije na praćenoj kampanji u t_i .

Važno je napomenuti da su u vremenu t_0 svi učesnici posmatrani kao novi. Vremenski označene autorizovane relacije $VAR_{Facebook}^d$ (poglavlje 3.6.1) se koriste za izračunavanje $novi(t_i)$ i $ponovni(t_i)$.

Obzirom da M_1 omogućava menadžeru kampanja da posmatra atraktivnost iz globalne perspektive, fokus je na broju (novih i ponovnih) učesnika kampanje.

5.2.2 Metrika za merenje lokalne atraktivnosti kampanja

Takođe je korisno je da menadžer ima mogućnost istraživanja atraktivnosti kampanje iz lokalne perspektive, na primer identifikovanjem društvene akcije koja je dovela do uvećanja/umanjenja broja novih/ponovnih učesnika takođe upoređujući sa prethodnim vremenskim intervalom. Za

ove potrebe je razvijena *metrika za merenje lokalne atraktivnosti kampanja* (M_1) sa fokusom na nivo odziva ponovnih korisnika Formula 5.

$$M_1(da, t_i, t_{i+1}) = \frac{ponovni(da, t_i, t_{i+1})}{ponovni(da, t_{i-1}, t_i)}$$

Formula 5 Metrika za merenje lokalne atraktivnosti kampanja

gde su:

- da društvena akcija koja je predmet analize,
- t_{i-1}, t_i i t_{i+1} tri homogena vremenska intervala, takva da se t_i dešava pre t_{i+1} ,
- $ponovni(da, t_i, t_{i+1})$ takvi da je broj ponovnih učesnika koji su bili „novi“ u vremenu t_i i izvršili bilo kakvu društvenu akciju nakon da tokom t_{i+1} ,
- na kraju $ponovni(da, t_{i-1}, t_i)$ koju predstavlja broj ponovnih korisnika koji su bili „novi“ u vremenu t_{i-1} i koji su izvršili bilo koju društvenu akciju posle da tokom vremena t_i .

Kao što je slučaj sa $novi(t_i)$ i $ponovni(t_i)$, $ponovni(da, t_i, t_{i+1})$ i $ponovni(da, t_{i-1}, t_i)$ koriste vremenski označene autorizovane relacije $VAR_{Facebook}^d$. Obzirom da se društvena akcija može pojaviti mnogo puta u vremenskom intervalu t_{i+1} , menadžer može da izabere društvenu akciju koju želi da analizira koristeći prvo pojavljivanje.

5.2.3 Metrika za merenje odziva učesnika

Metrika za merenje odziva učesnika (M_2) pokazuje kako je kampanja prihvaćena od strane zajednice pretplatnika na osnovu njihovih reakcija, da li su pozitivne (podržavaju), negativne (suprotstavljaju se) ili neutralne. Ova metrika se oslanja na vrednost *Lokalnog ishoda* (Formula 1) za formalno definisanje M_2 i sa fokusom na pozitivne reakcije (feedback) u Formuli 6.

$$M_2(t_i) = \frac{|da|_{pozitivne}}{|da|_{pozitivne} + |da|_{neutralne} + |da|_{negativne}}$$

Formula 6 Metrika za merenje odziva učesnika

Gde su:

- t_i određeni vremenski interval [od, do], $|da|_{pozitivne}$ koji predstavlja broj društvenih akcija izvršenih u vremenskom intervalu t_i takvih da je $znak(GI(da, t))$ pozitivan ($t \in t_i$),
- $|da|_{negativne}$ broj društvenih akcija izvršenih u vremenskom intervalu t_i takvih da je $znak(GI(da, t))$ negativan, i
- $|da|_{neutralne}$ broj društvenih akcija izvršenih u vremenskom intervalu t_i takvih da je $LI(da)$ jednak nuli.

5.2.4 Metrika za merenje dugotrajnosti kampanje

Metrika za merenje dugotrajnosti kampanje (M_3) se koristi da pokaže koliko dugo je kampanja „aktivna/živa“, tj. učesnici su u kontinuitetu (bez velikih pauza) obezbeđivali odziv (feedback) na kampanju, tako da je održan određen nivo aktivnost preko Facebook-a na primer. M_3 metrika se odnosi na longitudinalnu disperziju obezbeđenog odziva tokom određenog vremenskog perioda t_k ([od, do]) koja se odnosi na određen prihvatljiv nivo aktivnosti koji je definisao menadžer kampanja (npr. minimalan broj društvenih akcija u toku dana). Nivo aktivnosti je definisan u odnosu na standardnu devijaciju (σ), na osnovu koje se donosi odluka da li da se kampanja zaustavi ili pauzira. Ona koristi vremenski označene autorizovane relacije $VAR_{Facebook}^d$ za formalno definisanje ove standardne devijacije kao u Formuli 7.

$$\sigma = M_3(t_k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Formula 7 Metrika za merenje dugotrajnosti kampanje

Gde su:

- t_k vremenski interval [od,do] podeljen u n jednakih intervala (t_i) (npr., u dane ili nedelje),
- x_i predstavlja broj društvenih akcija izvršenih tokom isečka $t_i \subset t_k$ gde $i \in [1, n]$, i
- \bar{x} predstavlja prosečan broj svih društvenih akcija izvršenih u vremenskom intervalu t_k ($\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$).

Broj društvenih akcija u određenom vremenskom periodu ostaje „prihvatljiv“ ako se taj broj sadrži u $[\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma]$. Termin „prihvatljiv“ se može definisati tokom vremena i merenjem različitih vremenskih intervala zajedno. Stoga, metrika M_3 se analizira prema \bar{x} i σ , tako da vremenski prostori ove metrike odgovaraju vremenskim intervalima u kojima je broj društvenih akcija označen kao prihvatljiv.

5.2.5 Analiza trenda preokreta – ekstrakcija šablona

Kao dodatak pomenutim metrikama uvedena je i *Analiza trenda preokreta* kampanje, odnosno *ekstrakcija šablona*. Njena svrha je da pomogne menadžerima da identifikuju razlog za promenu u percepciji kampanje. Ova percepcija može biti zasnovana na seriji pozitivnih/negativnih i onda negativnih/positivnih odgovora. Sistem se oslanja na društvene tokove sekundarne društvenog toka da bi tražio određene šablone, kao što su dva uzastopna pozitivna odgovora, praćena sa tri uzastopna negativna odgovora i tome slično. Da bi se postigla *analiza trenda preokreta* korišćen je gSpan algoritam za istraživanje označenih grafova (Yan and Han, 2002). Ovaj algoritam koristi skup grafova D i minimalnu frekvenciju (npr., broj podgrafova pre nego je detektovano da se oni ponavljaju) kao ulaz. U ovom slučaju D može biti skup ili deo sekundarnih društvenih tokova. Obzirom da se mnogo društvenih akcija može izvršiti tokom vremena, u ovoj implementaciji sekundarni društveni tok je „očišćen“ od nerelevantnih vremenskih intervala (npr., onih gde kampanja nije bila aktivna) da bi se obezbedio bolji kvalitet rezultata.

5.3 Društveni konektor za Facebook

U radu (Ugljanin et al., 2016) je predstavljena prva verzija sistema za generisanje i grafičko predstavljanje društvenih tokova na osnovu podataka prikupljenih preko Facebook-a. Podaci koji se prikupljaju sa Facebook-a ne ugrožavajući privatnost građana jer se prikupljaju samo javni podaci sa Facebook strane (eng. Facebook page), a ne sa privatnih profila (ne)poznatih korisnika Facebook-a bez njihovog znanja. Grafičko predstavljanje društvenih tokova ima za cilj jednostavniju identifikaciju mesta grananja i uskih grla, jednostavnije upoređivanje različitih tokova i uključenosti (ne)poznatih korisnika Facebook-a u kampanje na Facebook strani.

Kajan i ostali (Kajan et al., 2020) su u svom radu predstavili napredniju verziju istog sistema nazvanog Social Miner (demo video koji prezentuje rad ovog alata je dostupan na <https://youtu.be/crBsEk2pSzo>) gde se uvode i izračunavaju Lokalni, Globalni i Kumulativni ishod i vrši se sentiment analiza pojedinačnih društvenih akcija, a sve se kasnije koristi u primeni metrika za analizu društvenih tokova.

U ovom doktorskom radu Social Miner je prilagođen i integrisan kao *Društveni konektor* u B2S4B platformu gde obezbeđuje BP inženjerima i SCO-ovima da izvršavaju akcije na društvenim mrežama, budu pretplaćeni na promene na istima i vrše analizu društvenih akcija i društvenih tokova.

5.3.1 Arhitektura Društvenog konektora

Arhitektura *Društvenog konektora* koji je implementiran u ovom radu je data na Slici 9 i sastoji se od dva modula (*Pokretač društvenih akcija* i *Posmatrač društvenih akcija*) sa pratećim komponentama i dva repozitorijuma (*Pretplatnici* i *Društvene akcije*).

Pokretanje nove društvene akcije se vrši preko komponente *Menadžer društvenih akcija* u modulu *Pokretač društvenih akcija* ručno od strane *BP inženjera* ili automatski od strane *SCO* komponente *Pokretač akcija* (1.1). *Menadžer društvenih akcija* koristi „Facebook SDK biblioteku za PHP“² za slanje zahteva (npr. objavljivanje kampanje ili odgovor na postojeći komentar) Facebook Graph API-ju³ i time vrši interakciju sa Facebook stranom.

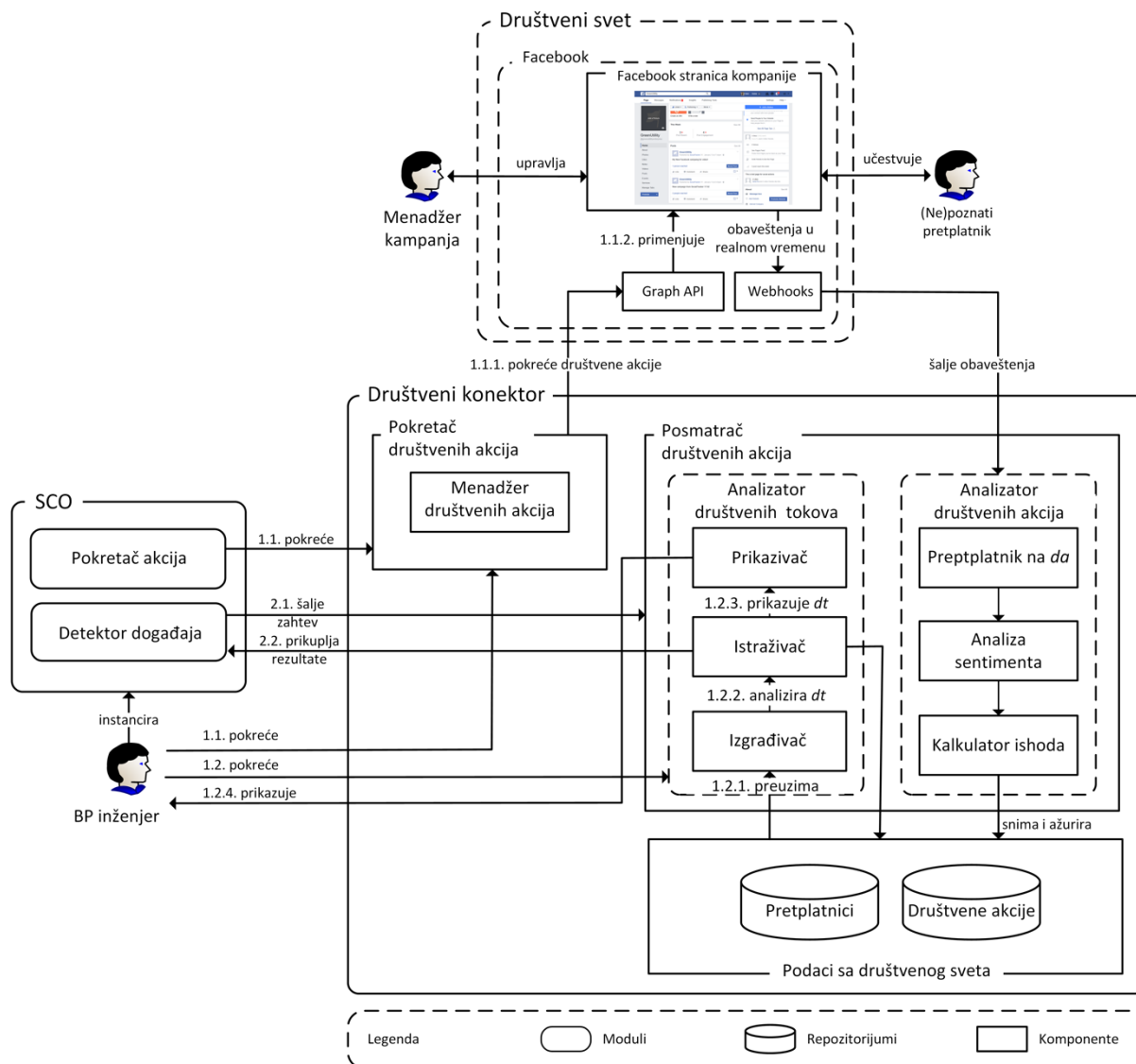
Posmatrač društvenih akcija u sebi ima više komponenata koje su grupisane u dve grupe prema svojoj funkciji i to: *Analizator društvenih akcija* i *Analizator društvenih tokova*. *Analizator društvenih akcija* prati i analizira pojedinačne društvene akcije na posmatranoj Facebook, dok modul *Analizator društvenih tokova* obezbeđuje uvid u društvene tokove izgrađene iz prikupljenih društvenih akcija da bi obezbedio dodatna znanja od koristi za poslovni proces pametnog grada.

Analizator društvenih akcija uključuje tri komponente i to *Pretplatnik na da*, *Analiza sentimenta* i *Kalkulator ishoda*. Podaci o novoizvršenim društvenim akcijama se prikupljaju komponentom *Pretplatnik na da* koja koristi Facebook Webhooks mehanizam i prosleđuje

² developers.facebook.com/docs/reference/php/4.0.0/

³ developers.facebook.com/docs/graph-api

prikupljene podatke na dalju analizu sentimenta ukoliko društvene akcije imaju tekstualni sadržaj.



Slika 9 Arhitektura Društvenog konektora

Komponenta *Analiza sentimenta* je implementirana koristeći open-source alat CoreNLP (Manning et al., 2014). *CoreNLP* kao alat za sentiment analizu dopunjava prikupljene podatke rezultatima sentiment analize (Poglavlje 5.1.1). Rezultat *CoreNLP* analize je formatiran u JavaScript Object Notation (JSON) formatu i zatim prebačen u relacioni format (koristeći se skriptama razvijenim za tu svrhu) pre čuvanja u repozitorijumu *Društvene akcije*.

Nakon analize sentimenta društvenih akcija sledi izračunavanje Lokalnog ishoda za tu akciju koristeći komponentu *Kalkulator ishoda*. *Društvene akcije* obogaćene Lokalnim ishodom i Globalnim ishodom se čuvaju u repozitorijumu *Društvene akcije* i dostupne su *Analizatoru*

društvenih tokova za izgradnju neophodnih društvenih tokova koji će biti istraživani u daljim koracima.

Svako novo obaveštenje primljeno sa Webhook-ova (novi podaci ili ažuriranje postojećih) pokreće novo izračunavanje ishoda (Formule 1, 2 i 3) i/ili ažuriranje postojećih ishoda. Za *Lokalne ishode*, kalkulator ishoda uzima u obzir specifične težine pretplatnika (tj. reputacija) koje su sačuvane u repozitorijumu pretplatnika.

Analizator društvenih tokova uključuje tri komponente: *Izgrađivač*, *Istraživač* i *Prikazivač*. *Izgrađivač* preuzima sadržaj repozitorijuma društvenih akcija (1.2.1) da bi generisao neophodne društvene tokove obogaćene ishodima i da bi ih prosledio *Istraživaču* na analizu (1.2.2). *Istraživač* primenjuje metrike i analize pomenute u Poglavlju 5.2. *Prikazivač* u internet pregledaču vizualizuje društveni tok u realnom vremenu uključujući analizu koju je obavio *Istraživač* (1.2.3). *Prikazivač* koristi „Cytoscape graph-theory library for anaysis and visualisation“ (Franz et al., 2016). Implementiran koristeći JavaScript, HTML i CSS, dok su *Izgrađivač* i *Istraživač* razvijeni uz pomoć PHP-a i raspoređeni su na Apache Web serveru. Za uspešno korišćenje Social Miner-a od strane bilo koje kompanije, neophodno je prethodno konfigurisanje Facebook Graph API-ja.

Repozitorijum *Društvene akcije* je implementiran u vidu relacione baze podataka (MySQL) koja čuva detalje društvenih akcija, kao što je vreme kada je društvena akcija izvršena, ko je njen autor, koji je tip društvene akcije i slično.

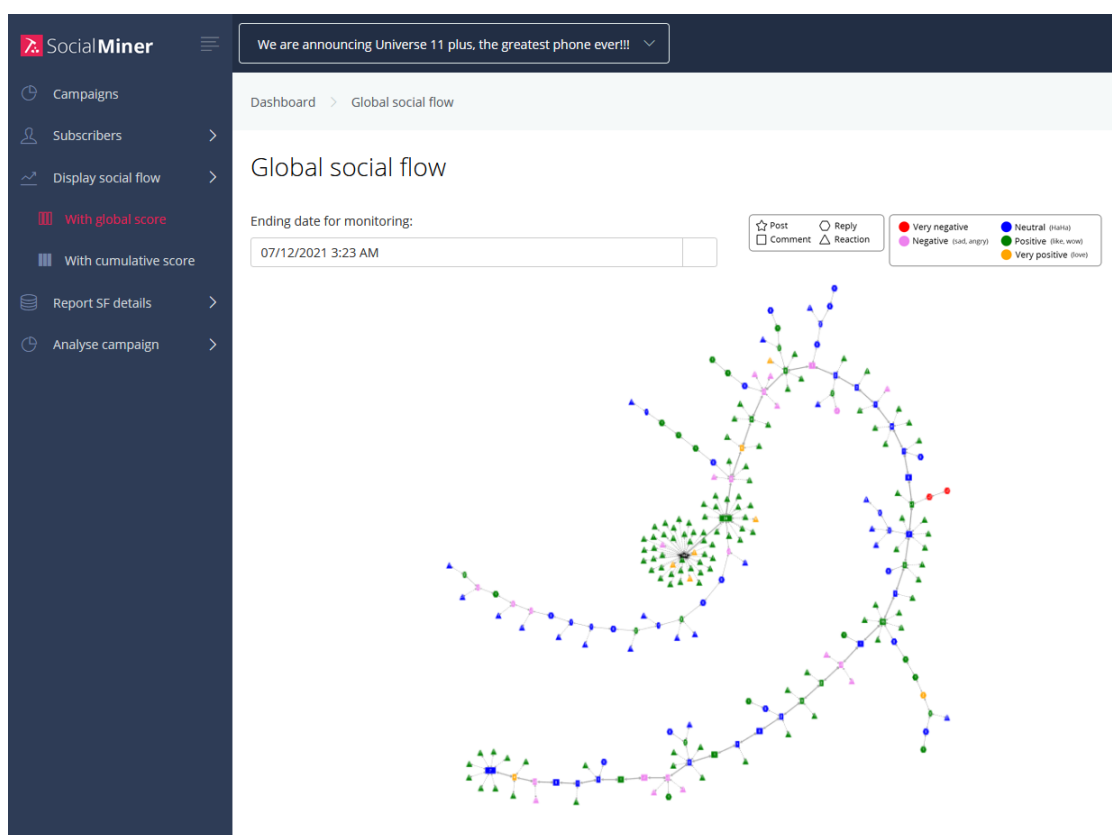
Repozitorijum *Pretplatnici* je takođe implementiran u vidu relacione baze podataka (MySQL) koja čuva detalje o pretplatnicima i njihovim vezama sa aktivnim kampanjama. Jedan pretplatnik može učestvovati u više kampanja.

5.3.2 Eksperimentalna evaluacija

Da bi korist *Društvenog konektora* bila vidljiva donosiocima odluka, izvršeno je više eksperimenata sa pomenutim metrikama nad podacima prikupljenim sa prave Facebook kampanje sa sadržajem „*We are announcing Universe 11 plus, the greatest phone ever*“ koja je bila aktivna od 11. marta 2018. do 16. marta 2018 na Facebook stranici fiktivne kompanije GreenUtility⁴.

⁴ <https://www.facebook.com/greenutilityenterprise>

Slika 10 prikazuje grafičku reprezentaciju društvenog toka pomenute kampanje koja je generisana na *Društvenom konektoru* za Facebook na osnovu prikupljenih podataka. Da bi bila omogućena jednostavnija identifikacija društvenih akcija u pomenutom društvenom toku, svakoj društvenoj akciji je dodeljen određen grafički simbol (tj., *zvezda* označava „post“, *pravougaonik* označava „komentar“, *heksagon* označava „odgovor“ i *trougao* označava „reakciju“). Pored toga ovim grafičkim simbolima su dodeljene odgovarajuće boje koje ukazuju na nivo pozitivnosti odnosno negativnosti (tj., zelena - pozitivna, žuta - vrlo pozitivna, ružičasta - negativna, crvena - vrlo negativna, i plava - neutralna). Ove boje omogućavaju menadžeru kampanje da brzo identifikuje čvorove u društvenom toku koji su od interesa.



Slika 10 Prikaz društvenog toka kampanje na Facebook-u preko Društvenog konektora

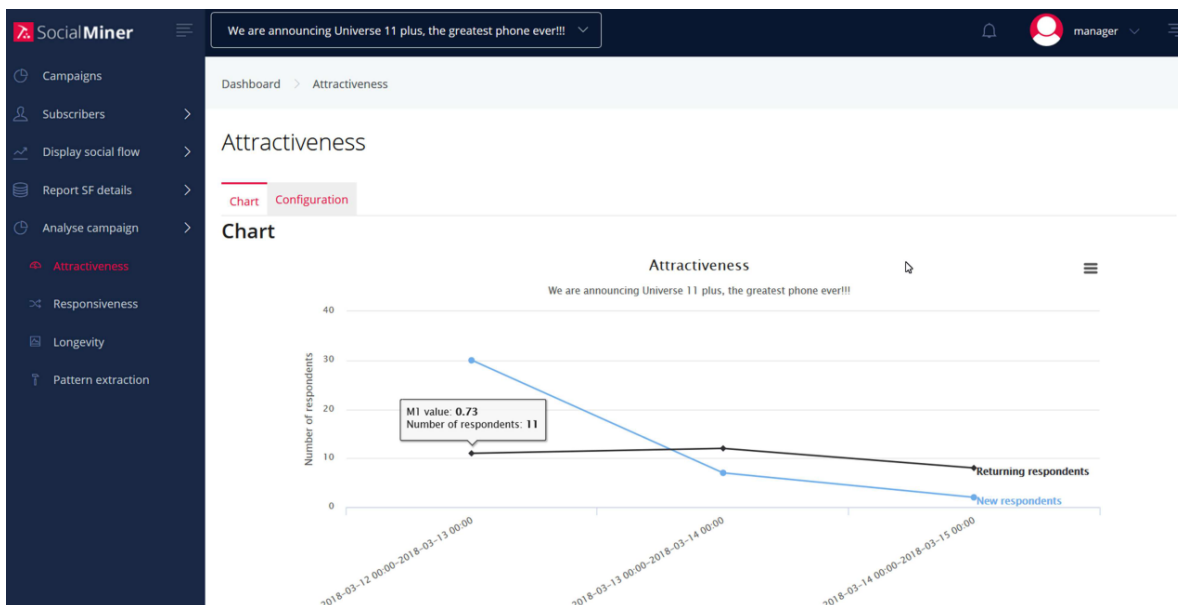
Slika 11 prikazuje detalje koji su dostupni na klik na bilo koji od čvorova (društvenih akcija) u društvenom toku i on prikazuje sve podatke koji su dostupni za tu društvenu akciju uključujući *Lokalni ishod*, *Globalni ishod*, *Kumulativni ishod*, *vrednost sentimenta*, *broj izlaznih grana*, *vreme*, *tip društvene akcije*, i autora društvene akcije.

Slika 12 prikazuje primenu *Metrike za merenje atraktivnosti kampanja* (M_1). U tu svrhu definisana su tri vremenska perioda za analizu i to 12.03.2018 - 13.03.2018, 13.03.2018 -

14.03.2018 i 14.03.2018 - 15.03.2018. Svaki period vraća dobijene vrednosti za broj „ponovnih učesnika u kampanji“ i „novih učesnika u kampanji“. Periodi su definisani u tabu „Configuration“.



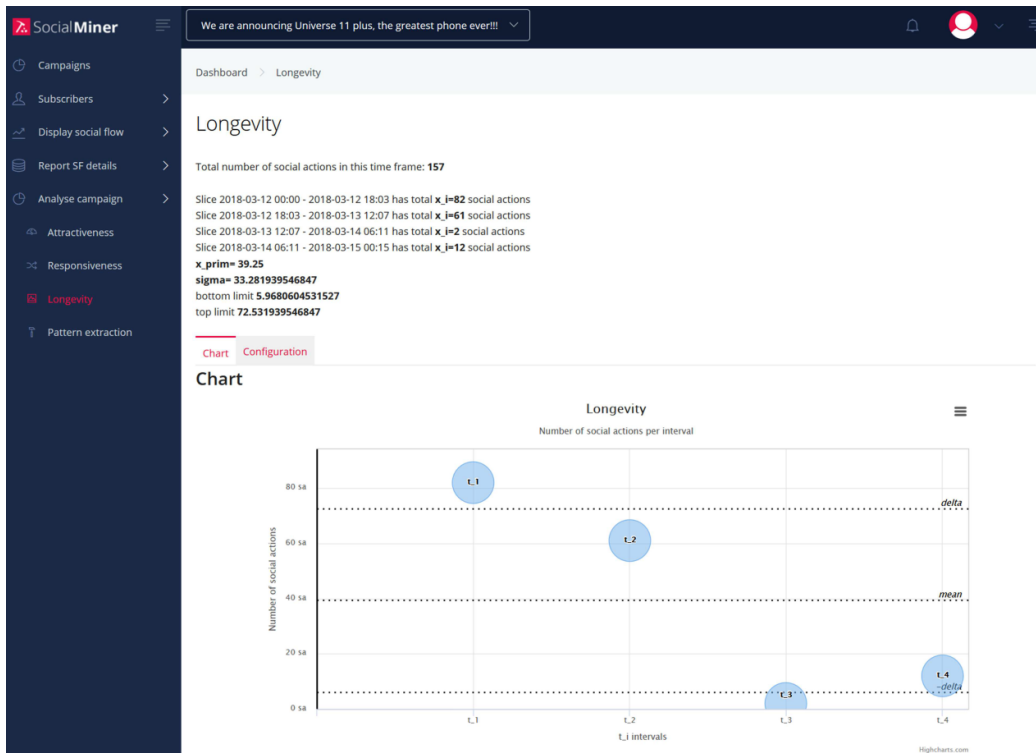
Slika 11 Detalji društvene akcije u društvenom toku



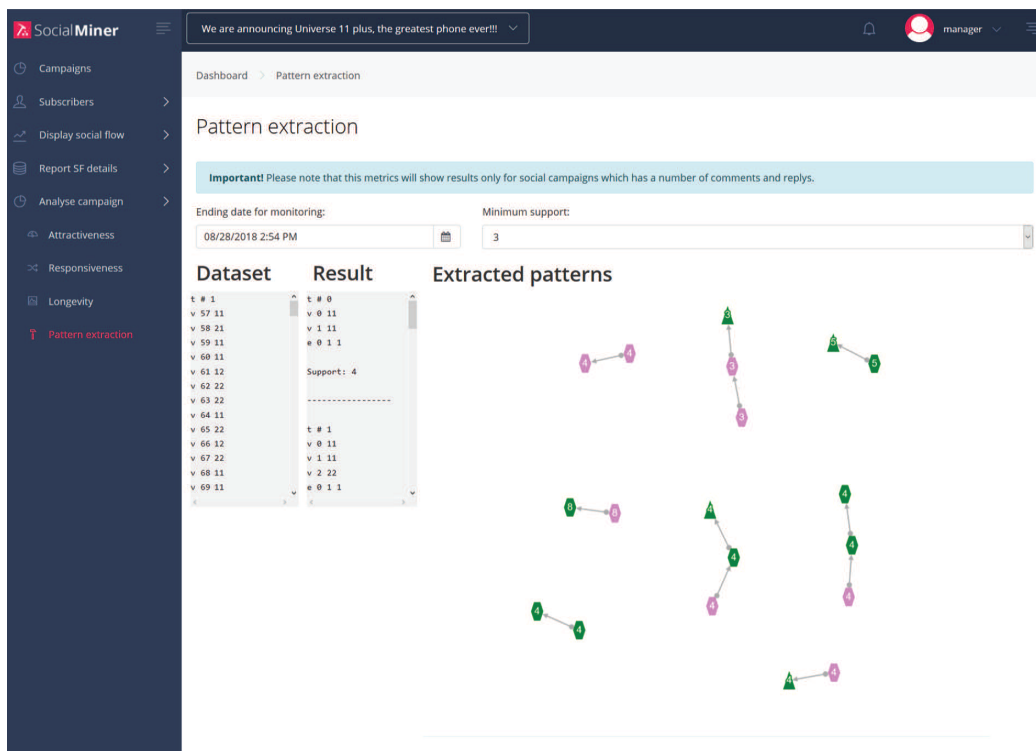
Slika 12 Rezultat korišćenja Metrike za merenje atraktivnosti kampanja (M1)

Slika 13 predstavlja dugotrajnost (eng. Longevity) za četiri definisana perioda i to 12.03.2018 od 00:00 do 18:03, od 12.03.2018 u 18:03 do 13.03.2018 u 12:07, od 13.03.2018 u 12:07 do

14.03.2018 u 6:11, i od 14.03.2018 u 6:11 do 15.03.2018 u 00:15. Za svaki period se vrši proračun i kasnije prikazuje na grafikonu.



Slika 13 Grafikon koji predstavlja dugotrajnost (Longevity)



Slika 14 Analiza trenda preokreta kampanje sa minimalnim pragom 3

Na Slici 14 je prikazana *Analiza trenda preokreta – ekstrakcija šablona* sa minimalnim pragom podrške koji ima vrednost 3. U toku ekstrakcije šablona odabrane kampanje uzete su u obzir sve društvene akcije izvršene do definisanog vremena.

6 IOT KONEKTORI

B2S4B platforma nema direktnu komunikaciju sa IoT svetom, već indirektnu preko *IoT konektora*. *IoT konektori* B2S4B platformi omogućavaju dvosmernu interakciju sa IoT svetom, i koristeći ih B2S4B platforma može da kontroliše, prima podatke sa njih, kao i da rekonfiguriše IoT svet. Posebna važnost u istraživanjima u ovoj disertaciji je posvećena razvoju metoda i tehnika za rekonfiguraciju IoT uređaja u okviru platforme, što je detaljno opisano u narednim poglavljima i ilustrovano kroz eksperimente.

6.1 Razlozi i uslovi za rekonfigurisanje IoT uređaja

U radu (Faci et al., 2019) je predstavljeno kako IoT uređaji mogu da se „rekonfigurišu“ na način da u toku rada prime ili izgube neku sposobnost. Rekonfiguracija zavisi od konteksta u kojima IoT uređaji funkcionišu kao i od pravila koja definišu kako IoT uređaji mogu da prime ili izgube neku sposobnost. Razlozi koji mogu biti važni u procesu donošenja odluka da li IoT uređaji treba da se rekonfigurišu su:

- *performanse* – da bi IoT uređaji optimalnije koristili resurse,
- *adaptacija* – da bi se IoT uređaji prilagođavali novim potrebama,
- *preživljavanje* – da bi IoT uređaji ostali korisni i u uslovima za koje nisu planirani.

Podrška ovim razlozima koja se koristi za upravljanje rekonfiguracijama uključuje i:

- *Dozvole* da se IoT uređaj rekonfiguriše kada su svi neophodni kontekstualni uslovi ispunjeni,
- *Zabrane* da se IoT uređaj rekonfiguriše kada svi kontekstualni uslovi nisu ispunjeni,
- *Odustajanje* od rekonfiguracije (bez obzira na dozvolu ili zabranu) zbog izmena koje su učinile određene neophodne i dovoljne kontekstualne uslove nezadovoljenim/zadovoljenim.
- *Obaveze* da se IoT uređaj rekonfiguriše (bez obzira na dozvole ili zabrane) zbog izmena koje su učinile neke neophodne i dovoljne kontekstualne uslove zadovoljenim.

Kontekstualni uslovi koji utiču na promene u IoT okruženju rezultiraju iz:

- akcija koje IoT uređaji samostalno izvršavaju,

- akcija koje vlasnik IoT uređaja prisili IoT uređaj da izvrši,
- akcija koje ostali IoT uređaji izvrše, i
- interakcija koje IoT uređaji imaju sa korisnicima.

Prve dve stavke se odnose na unutrašnju kontrolu IoT uređaja, dok su druge dve spoljašnja kontrola IoT uređaja.

6.2 Tipovi rekonfiguracija IoT uređaja

O rekonfiguracijama IoT uređaja se može govoriti sa stanovišta tipa (*slabe* ili *jake*), načina rada (*aktivne* ili *pasivne*), uticaja (*na sebe* ili *na svoje sposobnosti*) i inicijatora (*IoT uređaj* ili *vlasnik IoT uređaja*). Akcenat ovog rada nije na iniciranju rekonfiguracije od strane IoT uređaja već samo od strane vlasnika IoT uređaja (tj. pametnog grada). U daljem tekstu su samo objašnjene rekonfiguracije sa stanovišta tipa i načina rada, obzirom na jednostavnost ostalih.

Slaba rekonfiguracija znači da se IoT uređaj i dalje upravlja prema vlasnikovoj originalnoj specifikaciji posle rekonfiguracije.

Suprotno tome, *jaka rekonfiguracija* znači da se specifikacija IoT uređaja nakon rekonfiguracije radikalno menja. Jednostavnije rečeno, slaba rekonfiguracija vodi do nastanka sličnog IoT uređaja, dok jaka rekonfiguracija vodi do nastanka „novog“ IoT uređaja. Ovde se svakako ne misli na hardverske izmene, već samo softverske.

Aktivna rekonfiguracija znači da sposobnosti IoT uređaji nastavljaju da postoje dok se izvršava rekonfiguracija. Suprotno tome, *pasivna rekonfiguracija* zahteva zamrzavanje trenutnih sposobnosti, i njihovo ponovno aktiviranje nakon rekonfiguracije.

Mnoge akcije mogu biti izvršene prikazujući uticaj rekonfiguracije na IoT uređaje i na njihove sposobnosti. U daljem tekstu su izlistane neke od akcija koje su moguće:

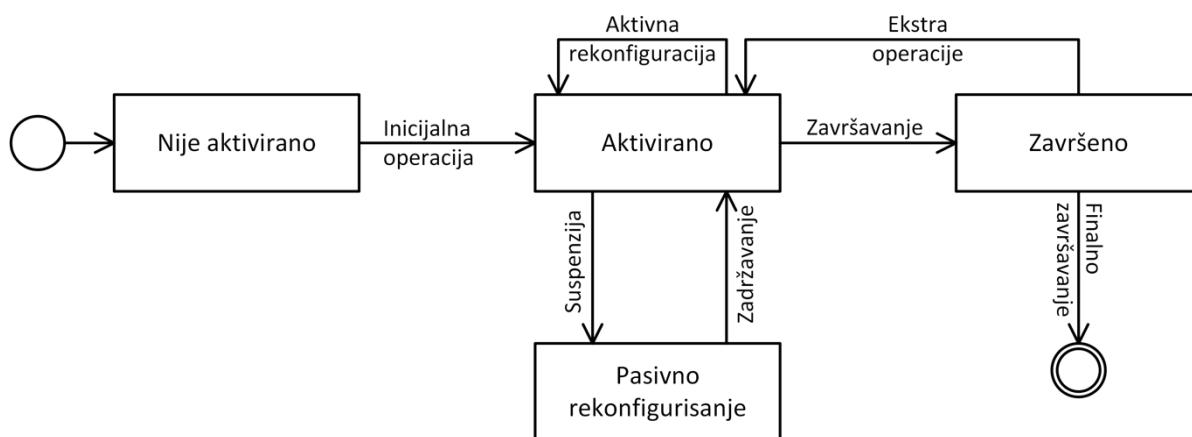
- *Dodeljivanje/otpuštanje sposobnosti*, označava primanje nove ili otkazivanje stare sposobnosti.
- *Razdeljivanje IoT uređaja* znači dekompoziciju IoT uređaja na više drugih IoT uređaja. Jedan od primera je kreiranje više IoT uređaja kojima će biti dodeljene neke odvojene sposobnosti koje su inicijalno bile vezane za postojeći IoT uređaj.

- *Spajanje IoT uređaja* znači spajanje više pojedinačnih IoT uređaja zajedno sa njihovim sposobnostima u jedan IoT uređaj. Primer je grupisanje IoT uređaja u jednu zbog nedostatka resursa.

6.3 Životni ciklus rekonfiguracija IoT uređaja

Slika 15 prikazuje životni ciklus rekonfiguracije u vidu grafikona stanja. Stanja na slici uključuju: *Nije aktivirano* (tj., inicijator čeka se da se određeni uslovi ispune), *Aktivirano* (tj., inicijator aktivira neophodne sposobnosti), *Završeno* (tj., inicijator uspešno završava uključene sposobnosti), i *Pasivno rekonfigurisanje* (tj., inicijator izvršava neku akciju rekonfiguracije).

Sa druge strane, tranzicije između strana uključuju: *Inicijalna operacija* (tj., rešavanje zahteva), *Suspenzija* (tj., suspendovanje sposobnosti u toku pripremanja za rekonfiguraciju), *zadržavanje* (tj., zadržavanje sposobnosti posle rekonfiguracije), *Aktivna rekonfiguracija* (tj., izvršavanje neke akcije rekonfiguracije), *Završavanje* (tj., završavanje odobrenih sposobnosti), *Ekstra operacije* (tj., izvršavanje neke dodatne akcije rekonfiguracije) i *Finalno završavanje* (tj., potvrda otpuštanja sposobnosti).



Slika 15 Grafik stanja u procesu rekonfiguracije

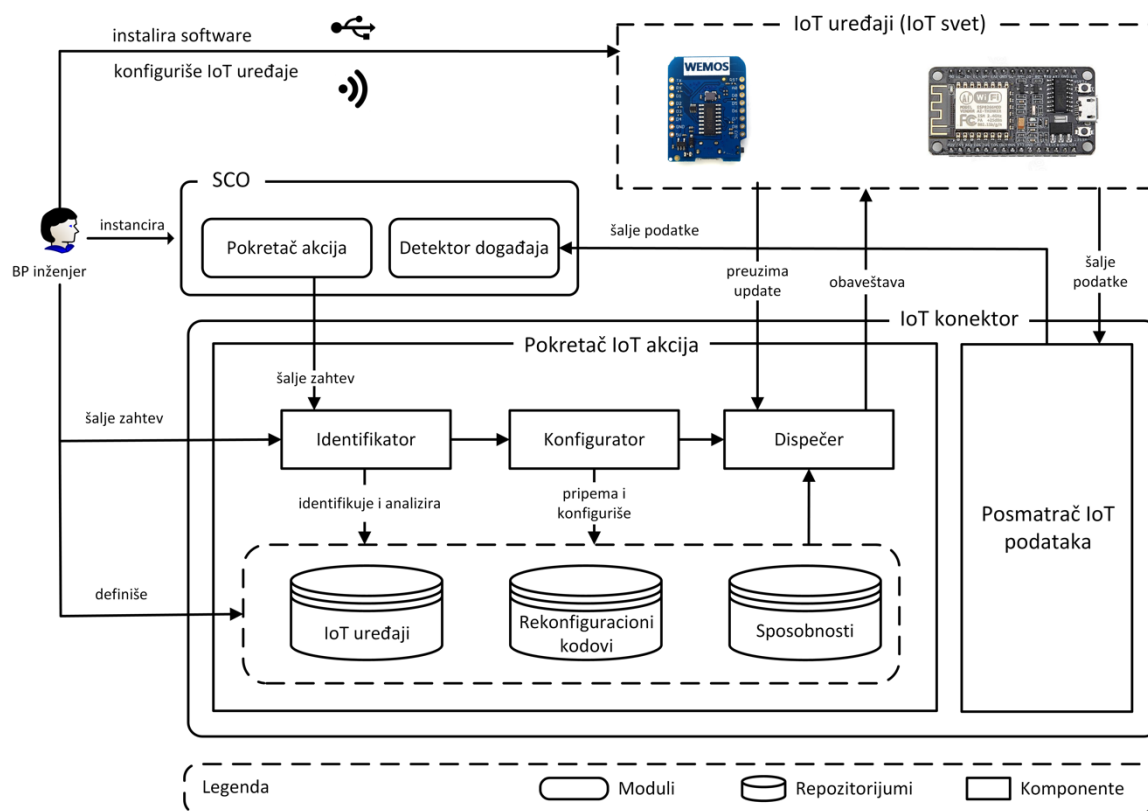
6.4 IoT konektor za upravljanje ESP8266 uređajima

U radovima (Faci et al., 2019) i (Maamar et al., 2021) su predstavljene rekonfiguracije IoT uređaja u kojima IoT uređaji mogu inicirati rekonfiguraciju i dodeliti drugim IoT uređajima određene sposobnosti, kao i sistem koji podržava rekonfiguracije pod imenom Mutation Control Application (MCA). U ovoj disertaciji je, kao deo implementacije i evaluacije B2S4B platforme, razvijen je demonstracioni *IoT konektor* (u implementaciji baziran na esp8266 i

nazvan IoT Executor čiji je kod open source i javno dostupan na GitHub-u⁵) u kome rekonfiguraciju može pokrenuti samo vlasnik IoT uređaja, bez mogućnosti da IoT uređaji samostalno iniciraju rekonfiguraciju. Pored toga unapređene su performanse prethodnog sistema (Maamar et al., 2021) na način da je brzina rekonfigurisanja IoT uređaja smanjena za 300% čime su unapređene performanse sistema.

6.4.1 Arhitektura IoT konektora

Arhitektura implementacije *IoT konektora (IoT Executor)* koji je korišćen za verifikaciju rekonfigurisanja IoT-a je predstavljena na Slici 16.



Slika 16 Arhitektura IoT konektora za rekonfiguraciju ESP8266 uređaja (IoT Executor)

Ovom *IoT konektoru* BP menadžer može pristupiti direktno preko internet pregledača radi registracije novih IoT uređaja, definisanja sposobnosti i dodeljivanja istih IoT uređajima, kreiranja rekonfiguracionih kodova koji se mogu dodeljivati IoT uređajima i pokretanja

⁵ <https://github.com/ugljanin/iot-executor>

rekonfiguracije IoT uređaja. Drugi vid korišćenja servisa ovog *IoT konektora* je automatizovana rekonfiguracija inicirana od strane *SCO* modula *Pokretač akcija*.

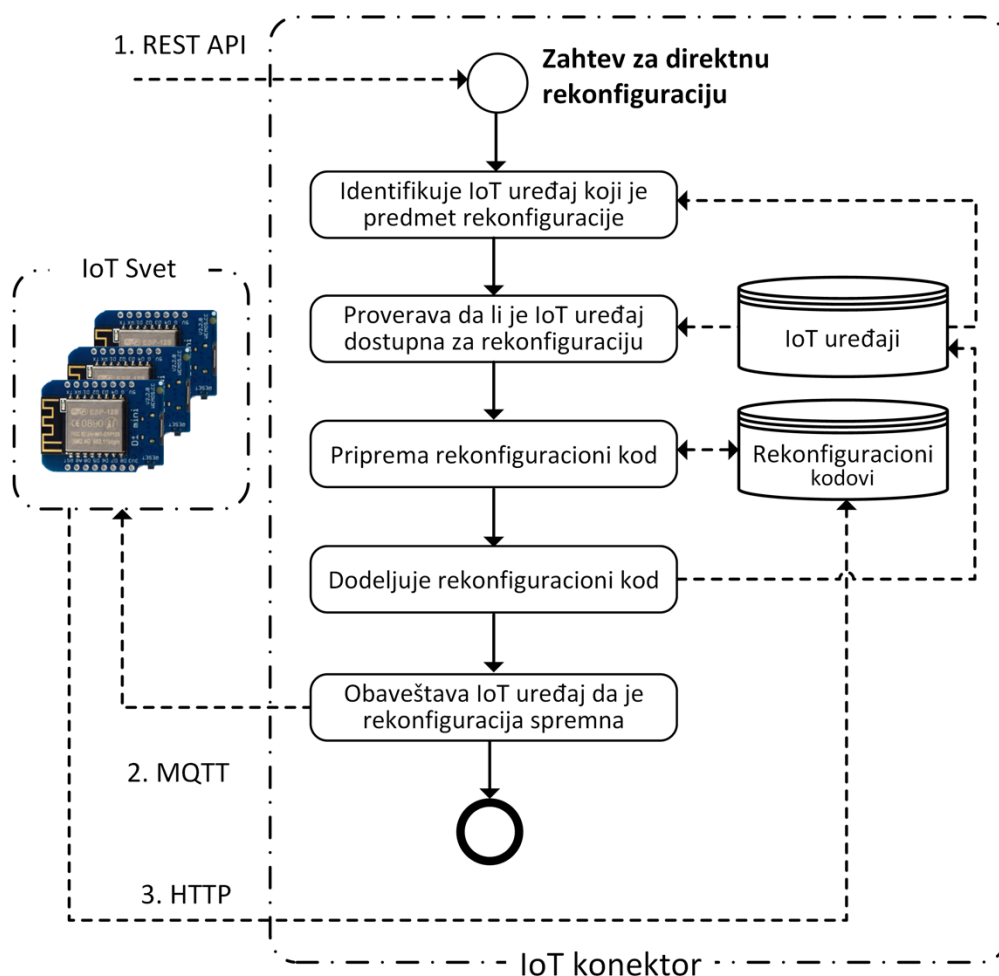
Komunikacija sa IoT uređajima se obavlja preko MQTT protokola za objavljivanje/pretplaćivanje i HTTP protokola. Arhitektura se sastoji od tri komponente: *Identifikator*, *Konfigurator* i *Dispečer*; i tri repozitorijuma: *IoT uređaji*, *Rekonfiguracioni kodovi* i *Sposobnosti*:

- *Identifikator* – prima zahteve za rekonfiguraciju od strane BP inženjera preko Internet pregledača, ili od B2S4B platforme preko *SCO* modula *Pokretač akcija*. On identifikuje dostupne IoT uređaje na osnovu direktne instrukcije ili sposobnosti koje IoT uređaj ima, dostupnosti drugih IoT uređaja, sposobnosti koje su već dodeljene IoT uređajima i slično. Na osnovu analize zahteva detektuje IoT uređaj koji će biti predmet rekonfiguracije.
- Zahtev, uključujući i identifikovani uređaj prosleđuje se *Konfigurator-u* koji dalje priprema rekonfiguracioni kod koji će biti dostavljen IoT uređaju i dodeljuje oznaku referenci IoT uređaja u bazi da je spreman za rekonfiguraciju.
- *Dispečer* nakon pripremljene rekonfiguracije obaveštava IoT uređaj da proces rekonfiguracije može da počne i obezbeđuje IoT uređajima rekonfiguracione kodove na zahtev.
- *IoT uređaji* – čuva informacije o uređajima poput dodeljenog rekonfiguracionog koda iz repozitorijuma rekonfiguracionih kodova, dodeljenih sposobnosti, lokacije gde se IoT uređaj trenutno nalazi, kao i oznake koja ukazuje na to da li IoT uređaj može da učestvuje u rekonfiguraciji ili ne.
- *Rekonfiguracioni kodovi* – čuva rekonfiguracione kodove koji se mogu dodeliti IoT uređajima i sposobnosti koje karakterišu taj kod . Uređaj koji preuzme rekonfiguracioni kod dobija njegove definisane sposobnosti. Pored detalja u vezi sa rekonfiguracijama, ovaj repozitorijum čuva i istoriju prošlih rekonfiguracija, tako da BP inženjer u svakom trenutku može da vrati uređaj u prethodno stanje svake i ima uvid u istorijat promena, što se može koristiti za razne vrste analiza.
- *Sposobnosti* – sadrži informacije o registrovanim sposobnostima IoT uređaja i njihove opise. Ove sposobnosti se koriste kao filter za pronalaženje odgovarajućih IoT uređaja u procesu rekonfiguracije zasnovane na sposobnostima.

6.4.2 Vrste zahteva za rekonfiguraciju na IoT konektoru

IoT konektor može primiti dva tipa zahteva za rekonfiguraciju i to za *direktnu rekonfiguraciju* i *rekonfiguraciju zasnovanu na sposobnostima*.

Direktna rekonfiguracija - unapred se zna koji uređaj je predmet rekonfiguracije i njemu se dostavljaju instrukcije. Ova rekonfiguracija se koristi u kontrolisanim uslovima, gde recimo pametni grad želi da promeni rad semafora, i konkretnom semaforu šalje nove instrukcije za rad (Slika 17).



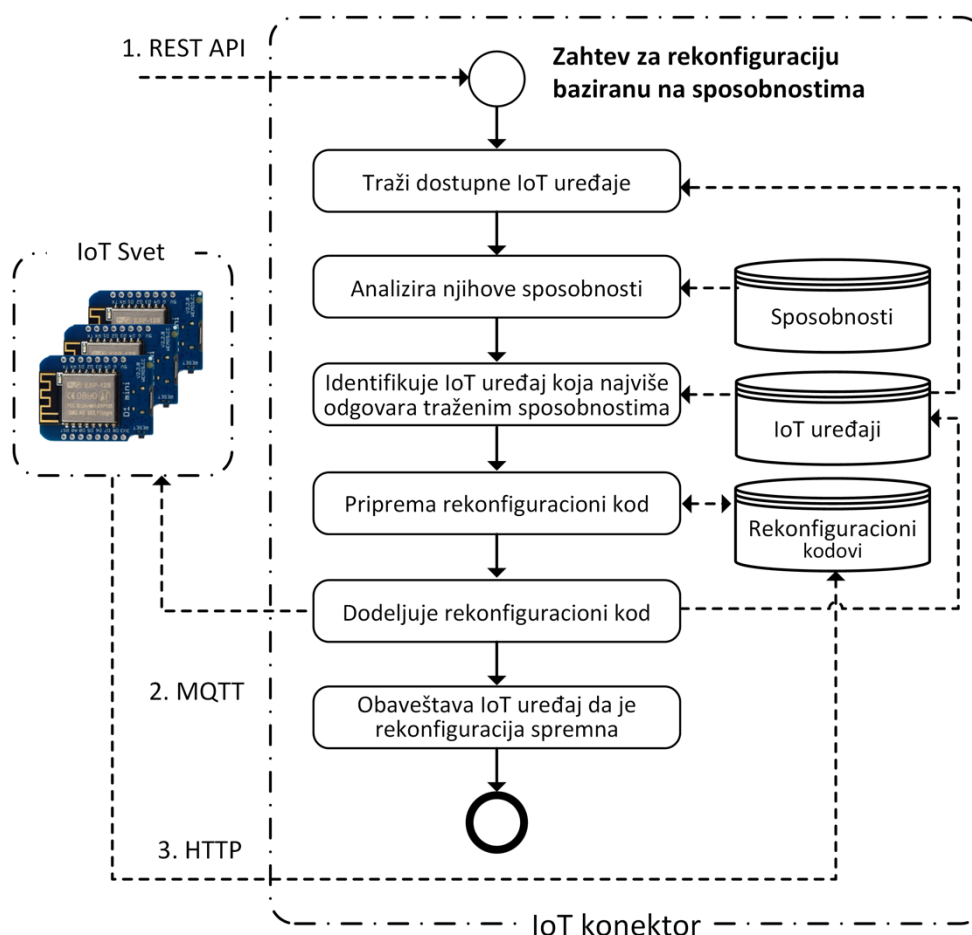
Slika 17 Zahtev za direktnu rekonfiguraciju

Kod *direktna rekonfiguracije*, *IoT konektor* prima zahtev sa eksplicitnim zahtevom za određenim uređajem i referencom na rekonfiguraciju koju je potrebno izvršiti. Ukoliko uređaj koji je naznačen ne postoji ili nije dostupan, rekonfiguraciju je nemoguće izvršiti. Ukoliko je uređaj dostupan, onda se vrši priprema rekonfiguracionog koda, dodeljivanje tom uređaju u

repozitorijumu *IoT uređaja*, nakon čega se uređaj obaveštava da je sve spremno za rekonfiguraciju i da ona može da bude izvršena.

Rekonfiguracija zasnovana na sposobnostima - ne zna se unapred koji uređaj će biti predmet rekonfiguracije već se definišu sposobnosti koje uređaj treba da ima i proslede im se instrukcije za rekonfiguraciju. Sistem dalje na osnovu traženih sposobnosti pretraži dostupne uređaje u željenom prostoru i ukoliko je uređaj koji ima tražene sposobnosti slobodan, dodeljuje mu se nova instrukcija za rekonfiguraciju. Ovaj pristup je važan u vanrednim situacijama, gde se može desiti da neki uređaji prestanu sa radom usled kvara, pa drugi u okolini koji su obavljali neke druge poslove, treba da preuzmu zadatke onih koji su iz nekog razloga prestali (Slika 18).

Kod *rekonfiguracije zasnovane na sposobnostima*, *IoT konektor* ne dobija eksplicitnu instrukciju koji uređaj će biti rekonfigurisan, već dobija listu sposobnosti koje uređaj koji treba da bude rekonfigurisan treba da ima i prostor na kome treba da se nalazi.



Slika 18 Zahtev za rekonfiguraciju baziranu na sposobnostima

U listi postoje neophodne i poželjne sposobnosti, na osnovu kojih se vrši pretraživanje uređaja, pa će prednost imati uređaji koji imaju sve sposobnosti, a ukoliko nema takvih, tražiće se oni koji imaju bar neophodne. Ukoliko nema uređaja sa obaveznim sposobnostima rekonfiguracija neće biti uspešna. Ukoliko ima, identifikuje se uređaj, priprema se rekonfiguracioni kod, dodeljuje se u repozitorijumu *IoT uređaja* i obaveštava se uređaj da je sve spremno za rekonfiguraciju.

Bilo da je reč o *direktnoj rekonfiguraciji* ili *rekonfiguraciji zasnovanoj na sposobnostima* zahtev se može dostaviti preko radne površine ili preko REST API-a.

Kada se proces završi u oba slučaja, *IoT konektor* obavesti uređaj preko MQTT protokola da je rekonfiguracioni kod spreman. Uređaj koristeći Over The Air (OTA) komunikacije koristeći HTTP protokol preuzima rekonfiguracioni kod, kompajlira ga, restartuje se i nakon toga počinje sa radom primenjujući nove instrukcije za rad.

6.5 Rekonfiguracija IoT uređaja baziranih na čipu ESP8266

6.5.1 Korišćeni uređaji

Za potrebe evaluacije i testiranja rekonfiguracije IoT sveta korišćeni su mikro kontroleri opremljeni čipom ESP8266 prikazanim na Slici 19. Čip ESP8266 obezbeđuje WiFi funkcionalnost mikro kontrolerima i komunikaciju bez kablova koristeći ugrađene TCP/IP mrežne protokole. Kreiran je od strane kompanije Espressif Systems iz Šangaja u Kini.



Slika 19 ESP8266 čip

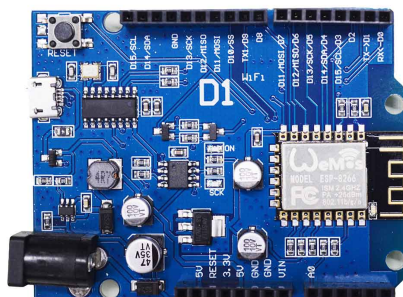
U implementaciji rekonfiguracije su korišćenja tri tipa mikro kontrolera, sva tri opremljena pomenutim čipom, i to Wemos D1 mini (Slika 20, Tabela 6), Wemos D1 R1 (Slika 21, Tabela 7) i LoLin NodeMCU (Slika 22, Tabela 8).



Slika 20 Wemos D1 mini

Tabela 6 Wemos D1 mini tehnička specifikacija

Voltaža	3.3V
Digitalni I/O pinovi	11
Analogni ulazni pinovi	1 (3.2V Max)
Brzina procesora	80/160MHz
Fleš memorija	4M Bytes
Veličina	34.2*25.6mm
Težina	3g



Slika 21 Wemos D1 R1

Tabela 7 Wemos D1 R1 tehnička specifikacija

Voltaža	3.3V
Digitalni I/O pinovi	11
Analogni ulazni pinovi	1 (3.2V Max)
Brzina procesora	80/160MHz
Fleš memorija	4M Bytes
Veličina	69 x 53mm
Težina	25g



Slika 22 LoLin NodeMCU

Tabela 8 LoLin NodeMCU tehnička specifikacija

Voltaža	3.3V
Digitalni I/O pinovi	11
Analogni ulazni pinovi	1(3.2V Max)
Brzina procesora	80MHz
Fleš memorija	4M Bytes
Veličina	58 x 32mm
Težina	10g

6.5.2 Priprema uređaja za komunikaciju sa IoT konektorom

Pomenuti IoT uređaji nemaju podrazumevanu podršku za rekonfigurisanje i komunikaciju sa bilo kojom platformom. Oni se kupuju bez postavljenog softvera i potrebno je pripremiti programski kod koji se treba izvršavati na njima. Za potrebe B2S4B platforme razvijen je softver koji omogućava da uređaji sa ESP8266 mikro čipom primaju poruku od strane B2S4B platforme i na osnovu toga pristupaju sistemu. Da bi se ovi uređaji pripremili za rad sa *IoT konektorom*, potrebno je izvršiti pripremu i uraditi nekoliko stvari i to:

1. Kreirati ili preuzeti NodeMCU firmver sa neophodnim modulima
2. Postaviti pripremljeni firmver na željene uređaje
3. Podesiti parametre za pristup *IoT konektoru*, WiFi mreži i MQTT serveru, i postaviti pripremljene Lua skripte na uređaje koji su dostupni na GitHub⁶ linku.

Za rad sa ESP8266 kontrolerima korišćen je NodeMCU⁷ open source firmver baziran na Lua programskom jeziku. NodeMCU firmver se može pokretati na bilo kom ESP modulu, a implementiran je u jeziku C i koristi Espressif NON-OS SDK⁸. Sva tri mikrokontrolera

⁶ <https://github.com/ugljanin/iot-executor/tree/master/esp8266>

⁷ <https://nodemcu.readthedocs.io/en/release/>

⁸ https://github.com/espressif/ESP8266_NONOS_SDK

pomenuta u prethodnom poglavlju su dobila firmver sa istim modulima da bi osigurali korišćenje potrebnih protokola i funkcionalnosti, a korišćeni firmver je dostupan i na GitHub-u⁹. Moduli firmvera koji su korišćeni u eksperimentu su: dht, file, http, mqtt, net, node, rtctime, sntp, tmr, uart, WiFi, i tls. Više detalja o svakom od njih, kao i kreiranju firmwera se može naći na NodeMCU build platformi¹⁰.

Da bi uređaji komunicirali sa *IoT konektorom*, potrebno je postaviti i konfigurisati Lua konfiguracione fajlove na njih, i to *config.txt* i *init.lua* koji su dostupni na GitHub repozitorijumu *IoT konektora* u direktorijumu ESP8266¹¹.

Alat korišćen za prenošenje fajlova na uređaje je ESPlorer¹², a uređaji u tom procesu moraju biti povezani sa računarom USB kablom.

Nakon prenošenja fajlova na uređaje, uređaji se mogu povezati direktno na izvor energije i postaviti na udaljena mesta da bi daje komunicirali sa B2S4B platformom.

6.5.3 Proces rekonfiguracije mikro-kontrolera baziranih na ESP8266 čipu

Na Slici 23 je predstavljen algoritam rekonfiguracije mikro kontrolera baziranih na čipu ESP8266. Nakon startovanja uređaja i učitavanja definisanih parametara, uređaj pokušava da se konektuje na WiFi. Ukoliko konekcija nije ostvarena nakon 20 sekundi, uređaj se restartuje i ponavlja proces sve do uspešnog povezivanja na WiFi.

Povezivanjem na WiFi, uređaj dobija svoj IP i povezuje se na MQTT broker i pretplaćuje se na novosti o pripremljenim rekonfiguracionim kodovima sa *IoT konektora*. Obzirom da je moguće da je kreiran zahtev za rekonfiguraciju tog uređaja u vremenu dok nije bio na mreži, on će prvo uputiti HTTP GET zahtev *IoT konektoru* da proveriti da li postoji rekonfiguracioni kod na čekanju.

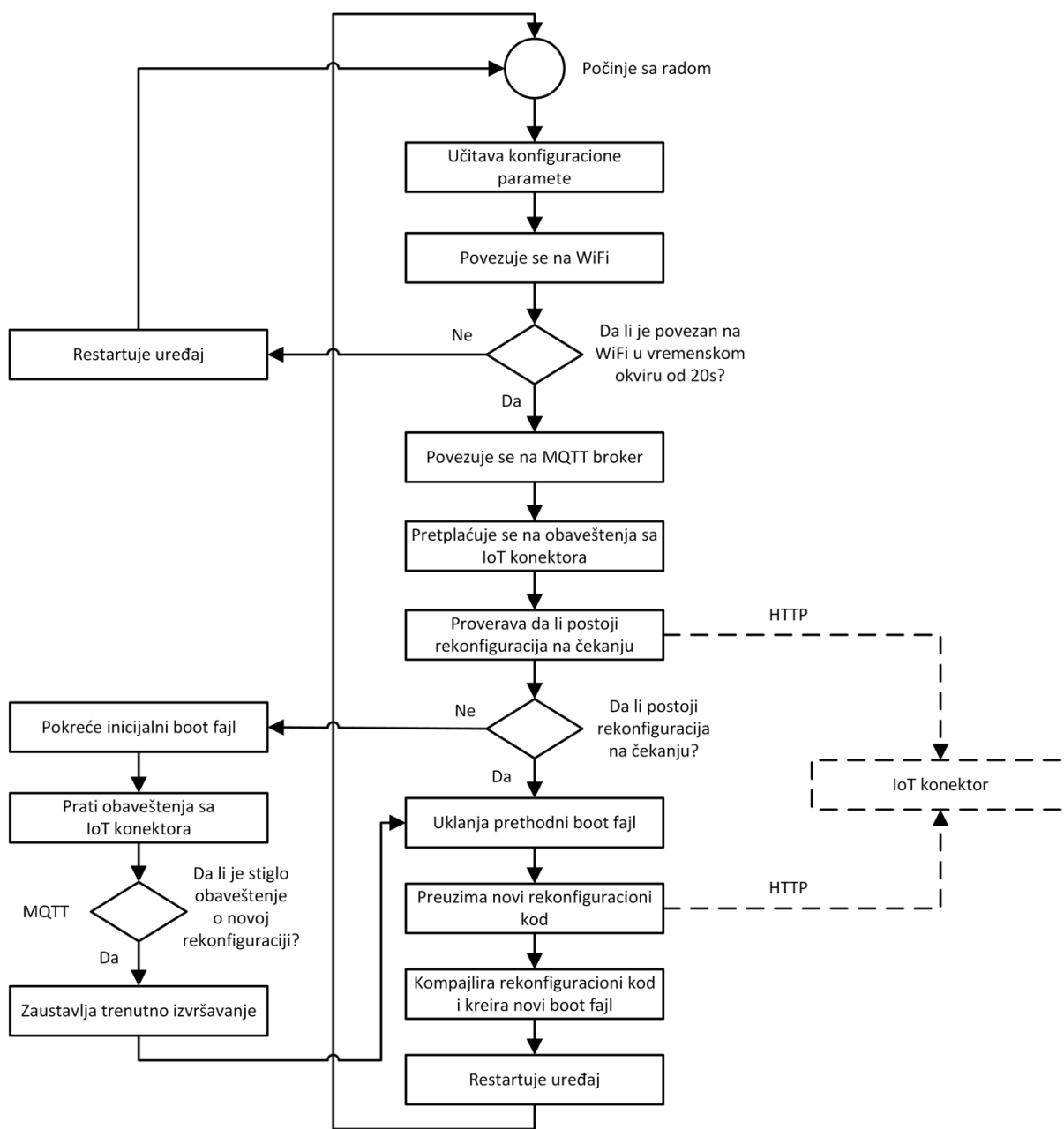
Ukoliko ne postoji pripremljen rekonfiguracioni kod, uređaj se pokreće sa inicijalnim kodom koji se izvršava dok ne stigne nova instrukcija za rekonfiguraciju.

⁹ <https://github.com/ugljanin/iot-executor/blob/master/esp8266/modules/nodemcu-master-12-modules-2019-11-07-00-14-54-float.bin>

¹⁰ <https://nodemcu-build.com>

¹¹ <https://github.com/ugljanin/iot-executor/tree/master/esp8266>

¹² <https://esp8266.ru/esplorer/>



Slika 23 Algoritam rekonfiguracije uređaja baziranih na ESP8266 čipu

Ukoliko u bilo kom trenutku dok uređaj izvršava radnje stigne poruka od *IoT konektora* da postoji spremna rekonfiguracija, uređaj će prekinuti trenutni zadatak, ukloniti trenutni boot fajl koji je izvršavao stari zadatak, preuzeti novi rekonfiguracioni kod, kompajlirati ga i kreirati novi boot fajl i restartovati uređaj. Uređaj će ponoviti isti proces, i ako nema novog spremnog koda za rekonfiguraciju pokrenuti preuzeti kod u prethodnoj iteraciji i izvršavati kod do novog zahteva.

6.6 Eksperimentalna evaluacija

Da bi *IoT konektor* bio evaluiran napravljen je eksperiment gde je *IoT konektor* postavljen na Linux cloud serveru (Hetzner CX11) u Nemačkoj sa sledećim karakteristikama: 1vCPU, 2GB RAM i 20GB disk. U eksperimentu su korišćena tri mikro-kontrolera, *WEMOS D1 mini* na kome je montiran senzor DHT22, *WEMOS D1 mini*, i *NodeMCU*. Uređaji korišćeni u eksperimentu imaju ESP8266 čip, opremljen istim firmwerom, i povezani su preko WiFi rutera od koga su udaljeni 10 metara i komuniciraju sa *IoT konektorom* koristeći Over-The-Air (OTA). OTA je način pristupa mikro-kontrolerima radi promene njihovog radnog koda, preko bežične mreže umesto direktne komunikacije sa njima preko USB kabla.

6.6.1 Merenje vremena potrebnog za rekonfiguraciju uređaja

Testiranje efikasnosti rekonfigurisanja je izvršeno kroz 10 sesija za svaki uređaj. Sva tri uređaja su koristila iste rekonfiguracione kodove u toku testiranja da bi osigurali iste uslove. Uređaji su konfigurisani da svake sekunde objavljuju poruku u JSON formatu preko MQTT protokola koja sadrži ID uređaja, ID konfiguracionog koda i vreme objavljivanja poruke. Poruke koje su uređaji objavljivali se prate na računaru koji je pretplaćen na poruke preko MQTT protokola koristeći Mosquitto¹³ server i time se omogućava nadgledanje promena na uređajima.

Nakon iniciranja rekonfiguracije uređaji bi prestali sa slanjem poruka, i nakon rekonfiguracije bi počeli sa novim slanjem poruka i novom porukom. Vremenska razlika između prethodne poruke sa pređašnjim rekonfiguracionim kodom, i nove poruke sa novim rekonfiguracionim kodom je unesena u tabelu i naznačena kao ukupno vreme.

Obzirom da uspostavljanje konekcije sa WiFi ruterom zavisi od drugih faktora kao što su okruženje, broj uređaja u okolini, broj rutera u okolini i slično, merenje vremena potrebnog za uspostavljanje veze sa WiFi ruterom je od značaja jer ima udela u ukupnom vremenu potrebnom za rekonfiguraciju. Da bismo imali uvid u to koliko vremena je potrebno za uspostavljanje WiFi veze, neophodno je da se preko serijskog porta prati status na uređajima za šta je program ESPlorer¹⁴. Vreme potrebno za povezivanje sa WiFi ruterom je takođe ubeleženo u tabelama za svaki uređaj (Wemos D1 mini u Tabeli 9, LoLin NodeMCU u Tabeli 10 i Wemos D1 R1 u Tabeli 11) gde je istaknuto i minimalno (min), maksimalno (max) i

¹³ <https://mosquitto.org/>

¹⁴ <https://esp8266.ru/esplorer/>

prosečno (avg) vreme. Kao što se može zaključiti iz tabela ispod, vreme potrebno za rekonfiguraciju je približno isto i u velikoj meri zavisi od vremena potrebnog za povezivanje na WiFi ruter.

Tabela 9 Vreme potrebno za rekonfiguraciju Wemos D1 mini

	Sesije										mi n	avg	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Ukupno vreme	9	10	10	13	10	11	10	10	11	9	9	10.3	13
Wi-Fi konekcija	6	6	6	9	6	6	6	6	6	6	6	6.3	9
Ostale akcije	3	4	4	4	4	5	4	4	5	3	3	4	5

Tabela 10 Vreme potrebno za rekonfiguraciju LoLin NodeMCU

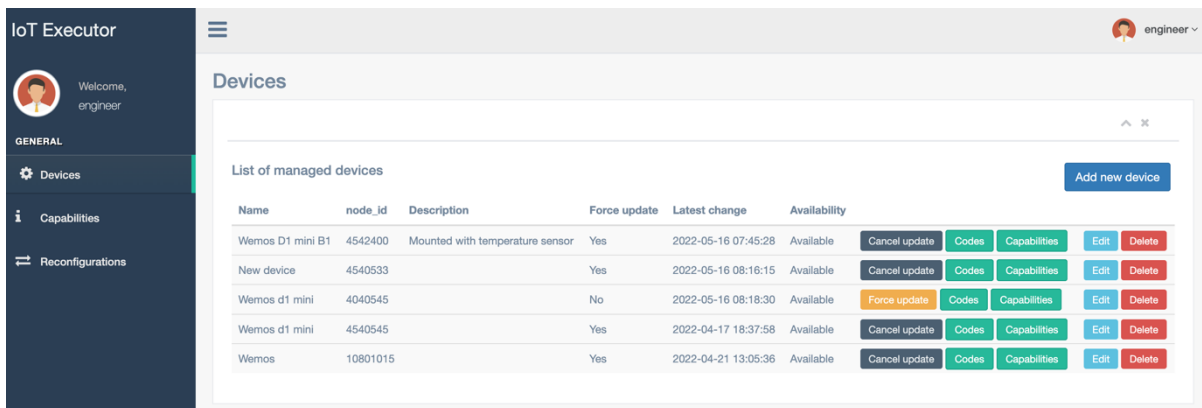
	Sesije										min	avg	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Ukupno vreme	10	9	10	9	10	13	9	9	10	10	9	9.9	13
Wi-Fi konekcija	6	4	6	6	6	10	6	6	6	6	4	6.2	10
Ostale akcije	4	5	4	3	4	3	3	3	4	4	3	3.7	5

Tabela 11 Vreme potrebno za rekonfiguraciju Wemos D1 R1

	Sesije										min	avg	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Ukupno vreme	9	10	10	10	13	11	11	10	10	9	9	10.3	13
Wi-Fi konekcija	6	6	6	6	10	6	8	6	6	6	6	6.6	10
Ostale akcije	3	4	4	4	3	5	3	4	4	3	3	3.7	5

6.6.2 Prikaz kontrolne table sa IoT konektora

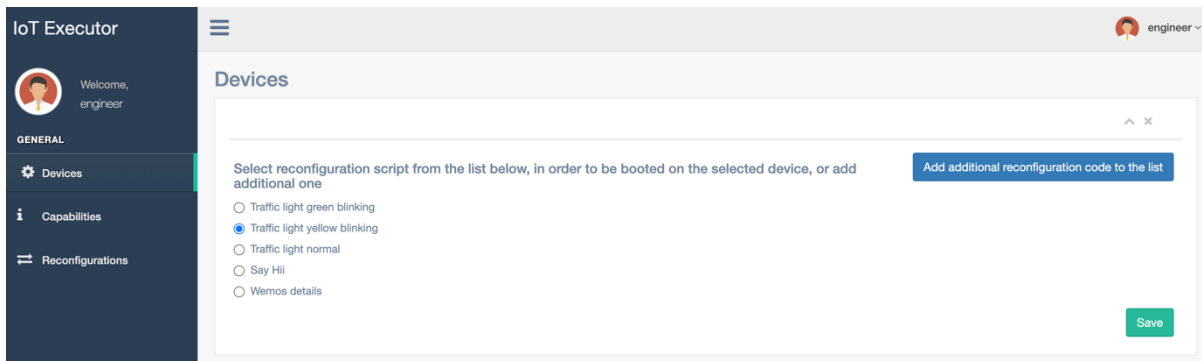
Lista registrovanih uređaja u *IoT konektoru* je prikazana na Slici 24. Već registrovani uređaj se može izmeniti, a može mu se dodeliti i kod za rekonfiguraciju što je predstavljeno na Slici 25, dok je prikaz dodavanja sposobnosti prikazan na Slici 26. Lista dostupnih kodova za rekonfiguraciju koji se mogu dodeliti IoT uređaju je prikazana na Slici 27, a konkretan primer koda za rekonfiguraciju napisan u Lua jeziku je prikazan na Slici 28.



The screenshot shows the 'Devices' management interface. It features a table with the following data:

Name	node_id	Description	Force update	Latest change	Availability	Actions
Wemos D1 mini B1	4542400	Mounted with temperature sensor	Yes	2022-05-16 07:45:28	Available	Cancel update, Codes, Capabilities, Edit, Delete
New device	4540533		Yes	2022-05-16 08:16:15	Available	Cancel update, Codes, Capabilities, Edit, Delete
Wemos d1 mini	4040545		No	2022-05-16 08:18:30	Available	Force update, Codes, Capabilities, Edit, Delete
Wemos d1 mini	4540545		Yes	2022-04-17 18:37:58	Available	Cancel update, Codes, Capabilities, Edit, Delete
Wemos	10801015		Yes	2022-04-21 13:05:36	Available	Cancel update, Codes, Capabilities, Edit, Delete

Slika 24 Lista registrovanih uređaja

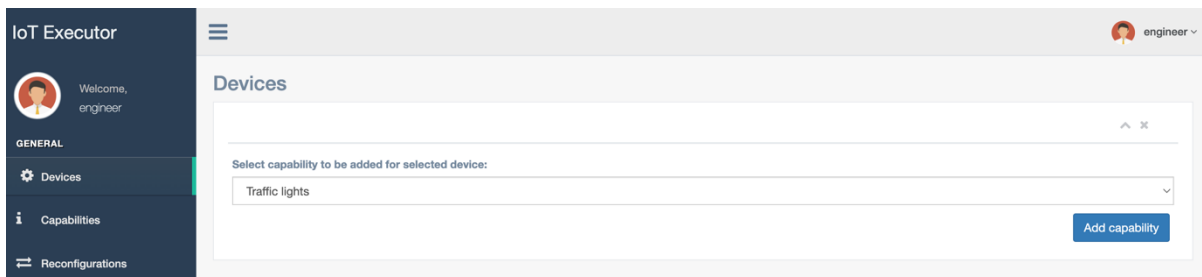


The screenshot shows the 'Reconfiguration' interface for a device. It includes a list of scripts to be selected:

- Traffic light green blinking
- Traffic light yellow blinking
- Traffic light normal
- Say Hi
- Wemos details

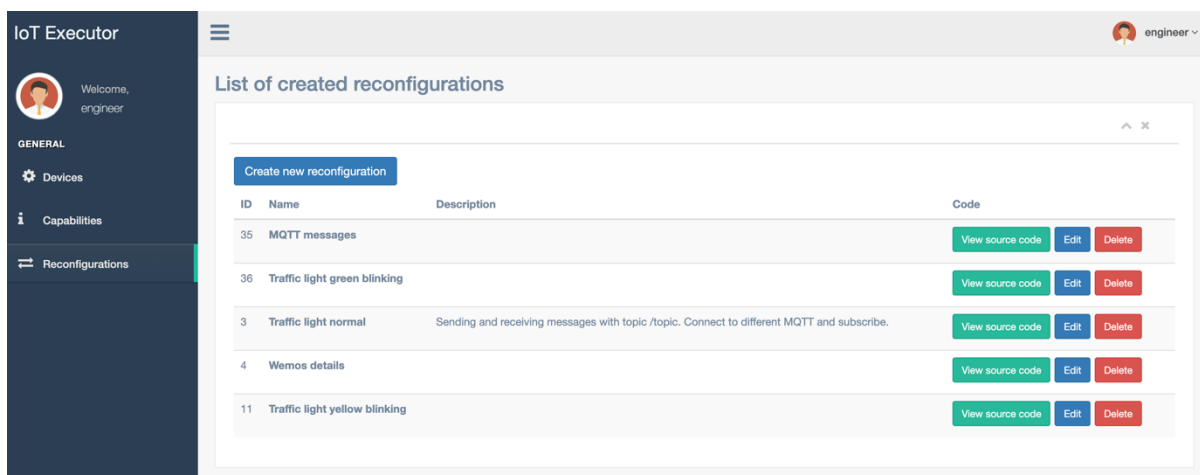
Buttons for 'Add additional reconfiguration code to the list' and 'Save' are also visible.

Slika 25 Dodeljivanje rekonfiguracionog koda uređaju

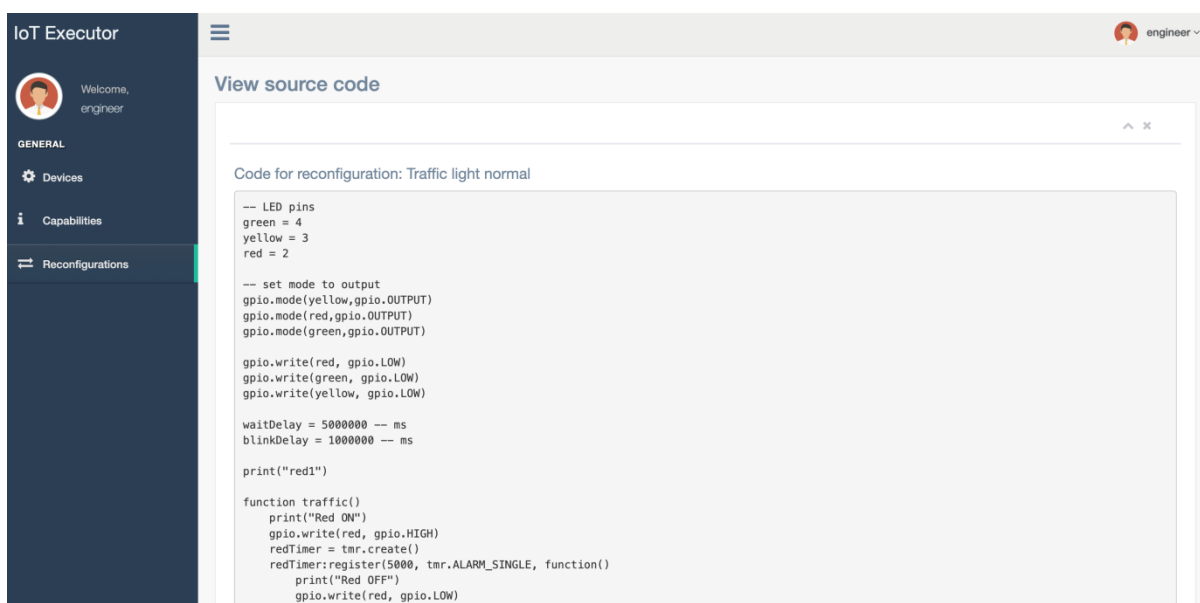


The screenshot shows the 'Capabilities' selection interface. A dropdown menu is open, showing the selected capability 'Traffic lights'. The 'Add capability' button is highlighted.

Slika 26 Dodavanje sposobnosti uređaju



Slika 27 Lista rekonfiguracionih kodova



Slika 28 Rekonfiguracioni kod za "Normalan rad semafora"

Svi uređaji uključeni u proces rekonfiguracije objavljuju poruke u realnom vremenu preko MQTT protokola. Svaka poruka sadrži ID uređaja, ID trenutnog rekonfiguracionog koda, i vremenski žig poruke.

7 SMART CITY OBSERVER (SCO)

U okviru disertacije definisan je koncept *Smart City Observer* (SCO) (Ugljanin et al., 2022). Po ovom konceptu pametni grad je “pokriven” mrežom SCO-ova koji prate različite izvore podataka u gradu, detektuju događaje i reaguju izvršavanjem akcija ukoliko je to potrebno (Slika 29). Oni se mogu izvršavati samostalno ili biti deo „SCO lanca“ koji će detaljnije biti opisani u poglavlju 7.2.



Slika 29 Smart City Observer-i u pametnom gradu, samostalni i do SCO lanca

SCO je potpuna, vremenski ograničena, planirana i autonomna aktivnost pametnog grada koja prati dešavanja u okruženju, adaptira i rekonfiguriše poslovne procese pametnog grada na osnovu detektovanih događaja i definisanih uslova.

Svaki SCO ima zadatke koje treba da izvrši u definisanom vremenskom okviru. On prikuplja podatke sa specifičnih izvora koje nakon toga evaluira sa ciljem detektovanja događaja (npr. detektovanje gustog saobraćaja praćenjem brzine kretanja vozila kamerama na gradskim ulicama, ili praćenjem objava građana o njihovom kretanju preko društvenih mreža). Detektovani događaji mogu biti razlog za pokretanje određenih akcija na osnovu definisanih

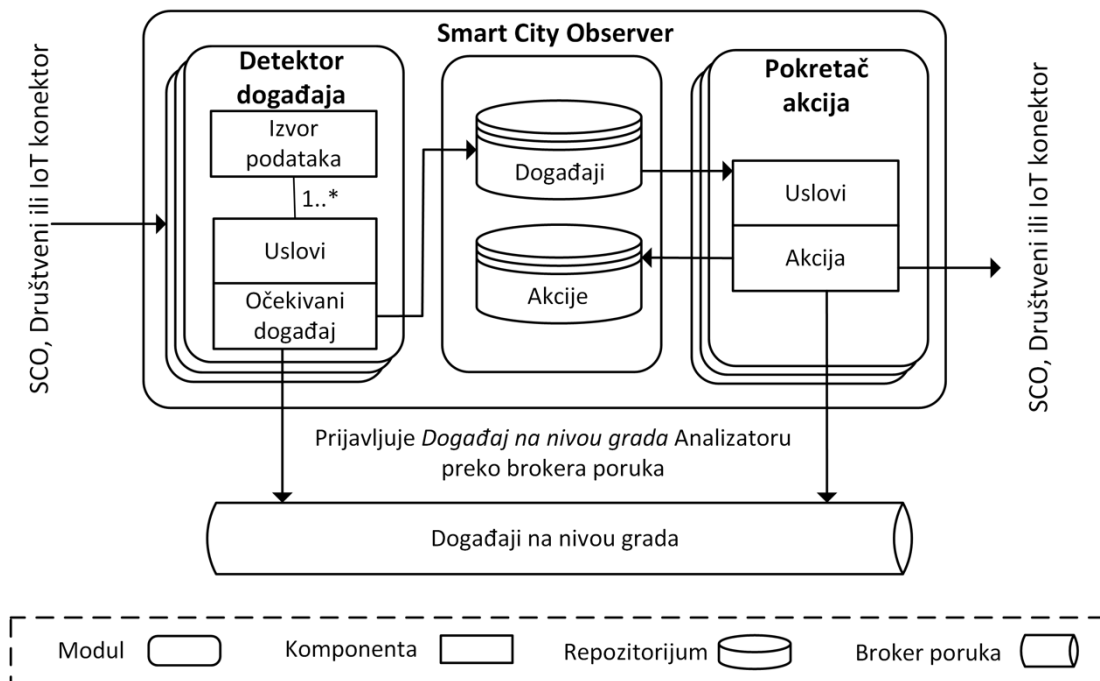
uslova u vidu objavljivanja nove društvene akcije na društvenim mrežama, rekonfiguracije ili aktuacije na IoT uređajima, ili signala drugom *SCO*-u.

SCO se može lako identifikovati u tradicionalnim poslovnim procesima koji nas okružuju.

Pitanja koja treba da budu postavljena u procesu identifikacije ili dizajniranja *SCO*-a su:

- Koje izvore podataka treba pratiti?
- U kom vremenskom intervalu treba prikupljati podatke?
- Koji događaji se očekuju?, i
- Kako reagovati na osnovu detektovanih događaja?

7.1 Životni ciklus SCO-a



Slika 30 Životni ciklus SCO-a

Početak životnog ciklusa je vezan za instanciranje *SCO*-a nakon čega *SCO* otpočinje sa primanjem ili prikupljanjem podataka sa definisanih izvora koji mogu biti IoT ili *Društveni konektor* ili neki drugi *SCO*. Prikupljeni podaci se dalje evaluiraju, i ukoliko su definisani uslovi za detekciju događaja ispunjeni detektuju se događaji. Detektovani događaji se takođe evaluiraju koristeći definisane uslove za izvršavanje akcija pa ukoliko su ispunjeni pokreću izvršavanje odgovarajuće akcije.

Tok podataka u *Smart City Observer-u*, kao i prateći moduli i komponente su predstavljeni na Slici 30. Svaki *SCO* ima bar jedan set modula *Detektor događaja* i *Pokretač akcija*, prateće komponente unutar njih, kao i repozitorijume *Događaji* i *Akcije*.

Detektovani *Događaji* i izvršene *Akcije* se čuvaju u istoimenim repozitorijumima. Oba repozitorijuma su važna u procesu evaluacije *Uslova* u komponentama *Detektor događaja* i *Pokretač akcija*. Vek trajanja oba repozitorijuma je vezan za životni ciklus *SCO*-a na kome se nalaze. Nakon gašenja *SCO* instance njegovi repozitorijumi prestaju da postoje zajedno sa podacima u njima. Detaljnije informacije o procesu detekcije događaja i izvršavanju akcija su navedene u sledećim poglavljima.

7.1.1 Detekcija događaja

Postoje dva načina prikupljanja podataka u procesu detekcije događaja u *SCO*-u i to pretplaćivanjem na tok podataka i slanjem zahteva za podatke.

- *Pretplaćivanjem na tok podataka* - pretplaćivanjem na određenu temu koristeći MQ Telemetry Transport (MQTT) ili sličan protokol baziran na objavljivanju / pretplaćivanju, više *SCO*-ova može dobijati iste podatke koji se objavljuju na tu temu u definisanim vremenskim intervalima preko određenog *Konektora*. Ovo je uobičajen pristup rada sa uređajima i servisima IoT sveta, gde pre primanja podataka nije neophodno dodatno obrađivati i analizirati te podatke i gde svi pretplatnici dobijaju iste podatke. Primeri ovog načina rada su prikupljanje podataka o broju detektovanih vozila na ulicama, temperaturi vazduha, zagađenju i slično.
- *Slanjem zahteva za podatke* – u slučaju kada se očekuju podaci koji su rezultat kompleksnije analize pojedinačnih ili vezanih podataka na strani *Konektora* i zavise od konkretnog zahteva koji *SCO* šalje. Slanje istog zahteva u različitim vremenima, ili prosleđivanje različitih parametara u isto vreme može dati različite rezultate. Ovaj način rada je individualan jer svaki *SCO* može imati drugačije zahteve, drugačiju frekvenciju slanja zahteva, kao i vremenski okvir u kome šalje zahteve. Ovaj pristup se primenjuje uglavnom na društveni svet, pa je primer upotrebe slanje zahteva za analizu Facebook kampanje gde se uzimaju u obzir svi podaci u vezi sa tom kampanjom i primenjuju se određene metrike kao što je predstavljeno u radu (Kajan et al., 2020).

SCO može pratiti više izvora podataka u isto vreme, ili primenjivati više uslova za detekciju događaja na jednom izvoru podataka, pa prema tome jedan *SCO* može imati više instanci modula *Detektor događaja*.

Svaka instanca *Detektor događaja* mora pratiti jedan *Izvor podataka*, a može imati više *Uslova* od kojih se svaki može koristiti da detektuje određeni *Očekivani događaj*.

- *Izvor podataka*, kao što mu ime kaže, predstavlja izvor podataka koji *SCO* prati (npr. signal ili podatak sa drugog *SCO*-a, *IoT* ili *Društveni konektor*). U slučaju pretplaćivanja na tok podataka, izvor je *Konektor* koji objavljuje podatke preko određene „teme“ (eng. topic) na koju je *SCO* pretplaćen (npr., /pametni-grad/temperatura/centar-grada), dok ukoliko je u pitanju zahtev onda je izvor odgovarajući *Konektor* kome se prosleđuje zahtev sa dodatnim meta podacima (npr., *Društveni konektor* kome se prosleđuje ID Facebook kampanje koju treba posmatrati i metrika koju treba primeniti).
- *Uslovi* sadrže pravila koje se proveravaju u procesu detekcije događaja. Važno je imati u vidu da isti uslovi za detekciju događaja korišćeni u različitim kontekstima mogu detektovati različite događaje (npr., 100 automobila u minuti je znak slabo opterećenog saobraćaja na autoputu, dok je isti broj vozila u jednosmernoj ulici znak velikog opterećenja).
- *Očekivani događaj* je unapred definisan događaj koji ima semantičko značenje za inženjera poslovnog procesa, a koji se može koristiti u procesu rekonfiguracije ili izvršavanja akcija, na primer „zagušenje saobraćaja“ ili „normalan saobraćaj“.

Kada se taj događaj detektuje, čuva se u *SCO*-ovom repozitorijumu *Događaji*, a pored toga se i emituje *Događaj na nivou grada* preko brokera poruka gde postaje dostupan *Analizator*-u. *Događaji* postoje samo dok je *SCO* koji ih je detektovao aktivan, i čim prestane sa radom oni nestaju.

Sa druge strane događaji koji su objavljeni kao *Događaj na nivou grada* su uvek dostupni, nemaju rok trajanja i čuvaju se van *SCO*-a. Razlika između ova dva tipa događaja je u nivou ovlašćenja i trajanju, jer *SCO* vidi samo svoje događaje iz istoimenog repozitorijuma, koji su detektovani u vreme njegovog trenutnog životnog ciklusa. *Događaji na nivou grada* čuvaju sve događaje od svih ikada aktivnih *SCO*-ova i nemaju veze sa njihovim životnim ciklusima. Njihova svrha je da gradskom menadžmentu poslovnih procesa pametnog grada obezbedi istorijski pregled dešavanja na nivou grada radi boljeg razumevanja konteksta i okolnosti

dešavanja. Oni su organizovani u vidu niza sa četiri elementa koji odgovaraju na pitanja „ko?“, „šta?“, „kada?“ i „gde?“.

<Izvor, Događaj, Vreme, Mesto>

Ovaj niz je strukturiran u JSON-LD formatu da bi omogućio bolju čitljivost i mašinsku obradu.

- *Izvor* je veza sa SCO-om gde je uređaj detektovan (npr., SCO₁).
- *Događaj* označava događaj koji je detektovan iz liste predefinisanih događaja, a koji može nositi i dodatne informacije koje mogu biti od koristi za bolje razumevanje događaja. (npr., gužva u saobraćaju).
- *Vreme* sadrži datum i vreme kada je događaj detektovan.
- *Mesto* označava geolokaciju gde je događaj detektovan.

Iako ovako formatiran *Događaj na nivou grada* nosi informaciju o SCO-u koji ga je detektovao, SCO koji je detektovao događaj ne mora biti od značaja u procesu odlučivanja na nivou *Analizatora*, a može se koristiti u kasnijoj automatskoj analizi uspešnosti detekcije događaja od strane SCO-a kao i automatskom unapređenju *SCO definicija* koji su van opsega ove disertacije.

Dakle, SCO je nadležan da izvršava akcije u manjem prostoru za koji je zadužen, a *Analizator* je nadležan za izvršavanje akcija na nivou celog grada. Analogija ovoj organizaciji je uprava u gradu gde se predsednicima mesnih zajednica dodeljuju manji prostori za praćenje i upravljanje, a menadžer grada ili gradonačelnik nadgleda stanje u celom gradu i donosi odgovarajuću odluku na višem nivou. Gradskog menadžera ne interesuju sve pojedinosti i nebitni događaji na nivou mesnih zajednica, već samo događaji od značaja za grad.

7.1.2 Izvršavanje akcija

Akcije se izvršavaju nad IoT i društvenim svetom preko *Konektora* koji mogu biti isti/različiti kao oni korišćeni u *Detektor događaja*, i/ili nad drugim SCO. Za izvršavanje akcija zadužen je modul *Pokretač akcija* unutar SCO-a.

Jedan SCO može imati više instanci *Pokretač akcija*, a ukupan broj instanci *Pokretač akcija* ne mora da se slaže sa brojem instanci *Detektor događaja*.

Modul *Pokretač akcija* analizira prethodno detektovane događaje u istom SCO-u iz repozitorijuma *Događaji*, i analizira uslove definisane u komponenti *Uslovi* za pokretanje

određene akcije definisane u komponenti *Akcija*. Sve izvršene akcije na nivou *SCO*-a se čuvaju u repozitorijumu *Akcije*.

Različite akcije mogu biti izvršene u zavisnosti od uslova koji su ispunjeni, a neke od njih mogu prenositi i dodatne podatke, kao što je tekst koji će biti korišćen za objavljivanje na društvenim mrežama, ili skripte koje treba postaviti na IoT uređaj u procesu rekonfiguracije tih uređaja. Ukoliko je definisano više akcija koje se mogu izvršavati u isto vreme mogu se definisati različiti prioriteti i dodeliti svakoj od njih.

Izvršavanjem akcije se ujedno emituje i događaj koji može biti od interesa na višim instancama. Recimo akcija "promena semafora u crveno" za određenu ulicu u slučaju vanredne situacije je akcija koja će biti izvršena od strane *SCO*, ali ona uzrokuje i to da se ta ulica zatvara pa je ova akcija ujedno proizvela događaj "zatvaranje ulice" koji *Analizator* ili pak neki drugi *SCO* u *SCO lancu* mogu uzeti u obzir.

7.2 SCO lanac – poslovni proces sačinjen od više SCO-a

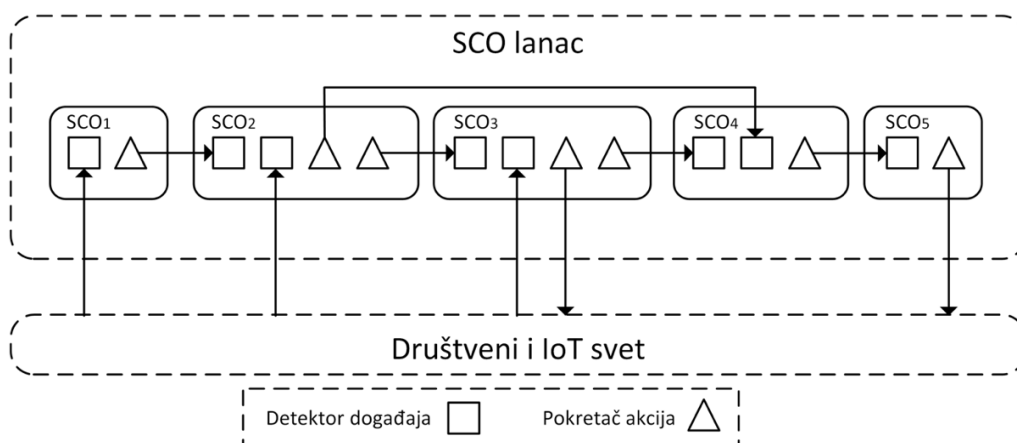
SCO i poslovni procesi dele slične koncepte kao što su: korišćeni artefakti, izvršioci, ulazi, izlazi, itd. Postoji više definicija poslovnih procesa, a jedna od njih je da je poslovni proces „set logički povezanih zadataka koji se izvršavaju radi postizanja definisanog ishoda“ (Davenport and Short, 1990). Svaki poslovni proces ima svoje činioce, a to su zadaci i izvršioci. Zadaci su povezani međusobno prema modelu procesa. Kada se dizajnira proces, taj model definiše ko radi šta, kada i kako, dok su u toku izvršavanja zadaci dodeljeni osobama ili mašinama koji će ih izvršavati automatski, poluautomatski ili ručno (Kajan et al., 2014).

Kada pogledamo na *SCO* iz perspektive upravljanja poslovnim procesima, on ne predstavlja kompletan proces, već zadatak ili pod-proces u poslovnom procesu.

Povezivanjem međusobno zavisnih *SCO*-a koji mogu deliti zajedničke resurse u formi *SCO lanca* (eng. pipeline), dobija se poslovni proces.

Na Slici 31 je prikazan primer *SCO lanca* gde različiti *SCO* mogu imati različit broj ulaza i izlaza, a mogu međusobno stupati u vezu i sa društvenim i sa IoT svetom. Ovaj lanac se sastoji od 5 *SCO*-ova koji su međusobno vezani i imaju različit broj instanci *Detektora događaja* i *Pokretača akcija*. U daljem tekstu je detaljnije pojašnjen primer izvršavanja procesa unutar ovog lanca:

1. Lanac počinje tako što SCO_1 prima podatke za detekciju događaja sa društvenog i IoT sveta, a akciju izvršava tako što prosleđuje obrađene podatke na SCO_2 .
2. SCO_2 prima podatke za detekciju događaja sa SCO_1 , kao i sa društvenog i IoT sveta, a akciju izvršava tako što prosleđuje obrađene podatke na SCO_3 i SCO_4 .
3. SCO_3 prima podatke za detekciju događaja sa SCO_2 , kao i sa društvenog i IoT sveta. Izvršava akciju nad društvenim i IoT svetom i šalje obrađene podatke na SCO_4 .
4. SCO_4 prima podatke za detekciju događaja sa oba SCO_2 i SCO_3 , i kada su ispunjeni uslovi izvršava akciju u vidu slanja podataka na SCO_5 .
5. SCO_5 prima podatke za detekciju događaja sa SCO_4 , a akciju izvršava samo nad društvenim i IoT svetom. Obzirom da SCO_5 ne prosleđuje podatke nekom drugom SCO -u, ovde se završava SCO lanac.



Slika 31 Primer SCO lanca

U *SCO lancu*, svaki *SCO* je autonoman, pa se jedna instanca *SCO*-a može zameniti drugim *SCO*-om ili se može proširiti bez potrebe za prekidom izvršavanja ostalih *SCO*-ova u tom lancu. Gašenje jednog *SCO*-a u lancu ne utiče na životne cikluse ostalih *SCO*-ova u lancu jer se ostali *SCO*-ovi samostalno izvršavaju, već *SCO* koji je trebao da primi podatke od ugašenog *SCO*-a neće dobiti podatke dok se ovaj ne pokrene ponovo. Takođe, moguće je jedan *SCO* zameniti sa više drugih povezanih *SCO*-ova, ili više *SCO*-ova zameniti jednim unutar postojećeg lanca. Bitno je samo da se nastavi lanac prihvatanjem odgovarajućih podataka od prethodnika, i dostavljanje odgovarajućih podataka sledbeniku. Na ovaj način obezbeđuje se modularnost sistema sa nezavisnim učesnicima koji je lako proširiv i nadogradiv.

Moguća je identifikacija *SCO* u bilo kom postojećem poslovnom procesu kao i preslikavanje postojećih poslovnih procesa na *SCO lanac*. Proces identifikacije *SCO*-a u poslovnom procesu uključuje identifikaciju činioca koji su predstavljeni u tekstu ispod.

Svaki *SCO* treba da sadrži:

- *Ulaz* – praćenje izvora podataka (npr., signal sa drugog *SCO*, društveni ili *IoT* konektor itd.)
- *Odluku* – uslovi koji treba da budu ispunjeni pre prelaska na drugi korak (eng. gateway)
- *Jednostavnu aktivnost* – akciju koja treba da bude izvršena kada se ispune uslovi.

7.3 SCO definicije

Da bi instanciranje *SCO*-a bilo omogućeno i korisnicima koji nemaju tehničke veštine, formalizovane su *SCO definicije* koje su pogodne za ponovno korišćenje, proširive i deljive, i koje predstavljaju „šablon“ za kreiranje *SCO*, pa se koriste za njegovo instanciranje unutar B2S4B platforme. *SCO definicije* ne sadrže programski kod, niti određuju kojim će programskim jezikom biti implementiran *SCO*.

Predstavljene su u vidu JSON-LD objekta, pa se mogu kreirati ručno prateći preporuke i instrukcije koje su navedene u Tabelama 12-23 u ovom poglavlju, a takođe se mogu kreirati i koristeći grafički alat koji će ih generisati na osnovu popunjenih formi. Oni sadrže dozvoljena polja uključujući njihov tip i dozvoljene vrednosti, a definiše i da li je to polje obavezno u specifikaciji.

Tabela 12 Rečnik karakteristika prvog nivoa *SCO* definicije

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
_id	ID <i>SCO</i> definicije u NOSQL bazi	obavezno	string
@context	JSON-LD ključna reč za definisanje termina koji se koriste u celom dokumentu	obavezno	Bilo koji URI ili niz URI-a
description	Opis koji predstavlja svrhu <i>SCO</i> definicije	opciono	string
name	Naziv <i>SCO</i> definicije	opciono	string
eventDetection	Skup događaja i uslova za njihovu detekciju (instance <i>Detektor događaja</i>)	obavezno	niz objekata tipa <i>eventDetection</i>
actionExecution	Skup akcija i uslova za njihovo izvršavanje (instance <i>Pokretač akcija</i>)	obavezno	niz objekata tipa <i>actionExecution</i>

Svaka *SCO definicija* mora sadržati 6 karakteristika prvog nivoa koje je opisuju, a koje su predstavljene u Tabeli 12. Te karakteristike uključuju i *eventDetection* (*Detektor događaja*) i *actionExecution* (*Pokretač akcija*) koji su detaljnije opisani u Poglavlju 7.1.

Rečnik karakteristika *eventDetection* niza objekata je predstavljen u Tabeli 13, a on treba da:

- Definiše izvor koji se prati, bilo da je to drugi SCO ili izvor iz društvenog ili IoT sveta,
- Dostavi meta podatke koji će biti primenjeni na praćene izvore ukoliko se šalju zahtevi za podatke, kao i da definiše frekvenciju slanja zahteva,
- Definiše vremenski okvir u kome će odabrani izvor biti praćen, i
- Definiše koji događaji su očekivani i šta su uslovi za njihovu detekciju.

Tabela 13 Rečnik karakteristika "eventDetection" objekata

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
name	Naziv instance detekcije događaja	obavezno	string
description	Opis toga šta se prati, i koji se događaji očekuju	opciono	string
sourceType	Ključ koji predstavlja izvor podataka, može biti <i>iot-connector</i> , <i>social-connector</i> ili <i>sco</i>	obavezno	string
location	Prostor koji je pokriven detekcijom događaja	obavezno	string
content	Dodatni podaci koji se prosleđuju u procesu slanja zahteva za podatke	opciono	niz objekata tipa <i>Content</i>
date	Vreme i datum početka i prestanka praćenja	obavezno	niz objekata tipa <i>DateTime</i>
expectedEvents	Skup uslova i očekivanih događaja	obavezno	niz objekata tipa <i>expectedEvents</i>

Tabela 14 prikazuje rečnik karakteristika objekta *Content*, koji nosi metapodatke koji će se proslediti izvoru koji se prati. Oni mogu biti identifikacioni broj kampanje koja se prati na društvenoj mreži, ili identifikacioni broj IoT uređaja kome se prosleđuje zahtev, kao i frekvenciju slanja zahteva.

Tabela 14 Rečnik karakteristika "Content" objekata

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
campaign	Identifikacioni kod kampanje koju treba pratiti	opciono	string
metric	Metrika koju treba primeniti	opciono	string
frequency	Učestalost izvršavanja zahteva	obavezno	string
nodeid	Identifikacioni kod IoT uređaja	opciono	string
mutationid	Identifikacioni kod rekonfiguracionog koda	opciono	integer

Rečnik karakteristika objekta *DateTime* koji definiše vremenski opseg u kome će se podaci sa definisanog izvora podataka pratiti je definisan u Tabeli 15. Vremenski opseg je definisan datumom i vremenom početka i kraja praćenja.

Tabela 15 Rečnik karakteristika "DateTime" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
from	Datum i vreme početka	obavezno	DateTime
to	Datum i vreme kraja	obavezno	DateTime

Niz očekivanih događaja je definisan koristeći objekat *expectedEvents*, a njegov rečnik karakteristika je predstavljen u Tabeli 16. On sadrži uslove koji se trebaju zadovoljiti da bi događaj bio detektovan.

Tabela 16 Rečnik karakteristika "expectedEvents" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
conditions	Uslovi koji se proveravaju. Može sadržati niz objekata <i>any</i> - označava da svi uslovi moraju biti ispunjeni, ili niz objekata <i>all</i> - označava da bilo koji od uslova može biti ispunjen	obavezno	niz objekata tipa <i>all</i> ili tipa <i>any</i>
event	Očekivani događaj nakon ispunjavanja uslova	obavezno	Objekat tipa <i>event</i>

Bilo da je u pitanju, *all* ili *any* objekat, oba imaju istu strukturu koja je definisana rečnikom karakteristika predstavljenim u Tabeli 17. Ovi objekti imaju činjenicu koja se proverava, operator kojim se upoređuje, i očekivanu vrednost.

Tabela 17 Rečnik karakteristika "all" ili "any" objekta koji je deo "expectedEvents" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
fact	Činjenica koja se proverava može imati vrednosti: <i>origin</i> , <i>location</i> i <i>value</i>	obavezno	string
operator	Operator iz liste dozvoljenih operatora (<i>equal</i> , <i>notEqual</i> , <i>lessThan</i> , <i>lessThanInclusive</i> , <i>greaterThan</i> , <i>greaterThanInclusive</i>)	obavezno	string
value	Vrednost koja se proverava	obavezno	string ili objekat <i>value</i>

Nakon ispunjavanja definisanih uslova, događaj koji će biti detektovan se predstavlja kao *event* objekat, a njegov rečnik dozvoljenih karakteristika je prikazan u Tabeli 18.

Tabela 18 Rečnik karakteristika "event" objekta koji je deo "expectedEvents" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
type	Događaj koji će biti detektovan kada se uslovi ispune	obavezno	string

Rečnik karakteristika *actionExecution* niza objekata je predstavljen u Tabeli 19, i on treba da:

- Sadrži uslove koji će biti primenjeni na detektovane događaje i koji će biti okidač akcija,
- Definiše ko će biti subjekat akcije (drugi *SCO*, *IoT* ili *Društveni konektor*) koji će izvršiti akciju,
- Definiše meta podatke koji će biti preneseni subjektu akcije,
- Definiše zakazano vreme za izvršavanje akcije, i
- Definiše da li se jedna akcija može izvršiti više puta uzastopno

Tabela 19 Rečnik karakteristika "actionExecution" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
conditions	<i>all</i> označava da svi uslovi moraju biti ispunjeni, dok <i>any</i> označava da bilo koji od uslova može biti ispunjen da bi uslov bio tačan	obavezno	Niz objekata tipa <i>all</i> ili <i>any</i>
event	Događaj koji se treba izvršiti nakon ispunjavanja uslova	obavezno	Objekat tipa <i>event</i>

Rečnik karakteristika objekata *all* ili *any* unutar *actionExecution* objekta je sličan onima unutar *eventDetection* objekta, sa razlikom u dozvoljenim vrednostima ovih karakteristika, a koje su predstavljene u Tabeli 20. U slučaju pokretanja akcija, činjenice se proveravaju u skladu sa prethodno detektovanim događajima, pa je izbor operatora drugačiji nego kod detekcije događaja.

Tabela 20 Rečnik karakteristika "all" ili "any" objekta koji je deo "actionExecution" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
fact	Činjenica koja se proverava može imati vrednost <i>events</i>	obavezno	string
operator	Operator <i>detected</i>	obavezno	string
value	Vrednost koja se proverava	obavezno	Objekat tipa <i>value</i>

value objekat je važan u procesu detekcije i on definiše koliko puta događaj može biti detektovan da bi akcija bila izvršena. Rečnik karakteristika koji opisuje ovaj objekat je predstavljen u Tabeli 21.

Tabela 21 Rečnik karakteristika "value" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
type	Tip događaja koji se očekuje	obavezno	string
freshness	Koliko često taj događaj treba da je izvršen da bi uslov bio ispunjen (ever, a moment ago, a minute ago, five minutes ago, half an hour ago, an hour ago, last day, two days ago, last week)	obavezno	string

Ukoliko su uslovi za pokretanje akcija ispunjeni, akcija koja je ujedno i događaj će biti pokrenuta. Ta akcija se definiše objektom *event* koji sadrži drugačije karakteristike u poređenju sa *event* objektom *eventDetection* objekta, a njegov rečnik karakteristika predstavljen je u Tabeli 22.

Tabela 22 Rečnik karakteristika "event" objekta koji je deo "actionExecution" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
type	Dozvoljena vrednost: <i>action</i>	obavezno	string
params	Dodatni parametri koji su bitni za pokretanje akcije.	opciono	objekat tipa <i>params</i>

Akcija koja se treba pokrenuti zahteva više dodatnih podataka koji se definišu *params* objektom, čiji je rečnik karakteristika predstavljen u Tabeli 23.

Tabela 23 Rečnik dozvoljenih karakteristika "params" objekta

Ključ	Opis	Korišćenje	Tip
id	Identifikacioni broj akcije	obavezno	integer
name	Ime akcije koja treba da bude izvršena	obavezno	string
description	Opis akcije koja treba da se izvrši	opciono	string
connector	Ključ koji predstavlja odredište, može biti <i>iot-connector</i> , <i>social-connector</i> ili <i>sco</i>	obavezno	string
frequency	Učestalost izvršavanja akcija (once, once a second, once in 5 seconds, once in 10 seconds, once in 15 seconds, once in 30 seconds, once a minute, once in 5 minutes, once in 30 minutes, once in an hour)	obavezno	string
allowConsecutive	Da li se akcija može izvršiti više puta zaredom	obavezno	boolean
date	Vreme i datum početka i prestanka praćenja	obavezno	niz objekata tipa <i>DateTime</i>
content	Meta podaci	opciono	niz objekata tipa <i>Content</i>

Listing 2 predstavlja primer *SCO definicije* koja prati saobraćaj u ulici AVNOJ-a preko *IoT konektora*. Praćenjem merača brzine kretanja vozila u ulici AVNOJ preko *IoT konektora*, *SCO* ima uvid u opterećenje ulice pa može da detektuje dva događaja i to „guzva-u-saobracaju“ ako je brzina vozila od 0 do 10km/h (Linije 17-45) i „nema-guzve-u-saobracaju“ ako je brzina kretanja vozila veća od 10km/h (Linije 46-69). Detekcija će biti moguća u vremenskom opsegu od 1.5.2022 do 31.5.2022. godine (Linije 11-14).

Ukoliko je događaj koji je detektovan aktuelan u poslednjih pola sata (Linija 82 i 115) on će pokrenuti odgovarajuću akciju koja uključuje rekonfiguraciju IoT uređaja sa ID-om 4540533 i to rekonfiguracioni kod sa ID 3 za *nema-guzve-u-saobracaju* (Linije 107-139) i rekonfiguracioni kod ID 11 za *guzva-u-saobracaju* (Linije 87-105).

Rekonfiguracija se vrši preko *IoT konektora*. Uređaj sa ID-om 4540533 je Wemos D1 mini IoT uređaj sa povezanim led sijalicama koji simulira semafor gde različiti rekonfiguracioni kodovi definišu kako će se semafor ponašati. *allowConsecutive: false* daje instrukciju da uređaj ne treba da se rekonfiguriše više puta zaredom istim rekonfiguracionim kodom ako je isti događaj detektovan nanovo, već ako se jednom rekonfiguriše, sledeća rekonfiguracija može biti pokrenuta samo sa drugom akcijom.

Listing 2 Primer *SCO definicije*

```

1  {
2    "_id": "24fefac1d485e9acb8d9d47ac5fa0a1",
3    "@context": null,
4    "description": "SCO definicija za praćenje saobraćaja u ulici AVNOJ-a",
5    "name": "Praćenje saobraćaja u ulici AVNOJ-a",
6    "eventDetection": [
7      {
8        "name": "street",
9        "sourceType": "iot-connector",
10       "location": "AVNOJ",
11       "date": {
12         "from": "2022-05-01 00:00:00",
13         "to": "2022-05-31 00:00:00"
14       },
15       "description": "Praćenje saobraćaja u ulici AVNOJ-a",
16       "expectedEvents": [
17         {
18           "conditions": {
19             "all": [
20               {
21                 "fact": "origin",
22                 "operator": "equal",
23                 "value": "street"
24               },
25               {
26                 "fact": "location",
27                 "operator": "equal",
28                 "value": "AVNOJ"
29               },
30               {
31                 "fact": "value",
32                 "operator": "greaterThan",
33                 "value": 0
34               },
35               {
36                 "fact": "value",
37                 "operator": "lessThan",
38                 "value": 10

```

```

39         }
40     ],
41     },
42     "event": {
43         "type": "guzva-u-saobracaju"
44     }
45 },
46 {
47     "conditions": {
48         "all": [
49             {
50                 "fact": "origin",
51                 "operator": "equal",
52                 "value": "street"
53             },
54             {
55                 "fact": "location",
56                 "operator": "equal",
57                 "value": "AVNOJ"
58             },
59             {
60                 "fact": "value",
61                 "operator": "greaterThanInclusive",
62                 "value": 10
63             }
64         ]
65     },
66     "event": {
67         "type": "nema-guzve-u-saobracaju"
68     }
69 }
70 ]
71 }
72 ],
73 "actionExecution": [
74     {
75         "conditions": {
76             "all": [
77                 {
78                     "fact": "events",
79                     "operator": "detected",
80                     "value": {
81                         "type": "guzva-u-saobracaju",
82                         "freshness": "half an hour ago"
83                     }
84                 }
85             ]
86         },
87         "event": {
88             "type": "action",
89             "params": {
90                 "id": "0",
91                 "name": "semafori-u-nacinu-rada-za-hitne-slucajeve",
92                 "description": "Promena semafora u način rada za hitne slučajeve",
93                 "connector": "iot-connector",
94                 "frequency": "once a minute",
95                 "allowConsecutive": false,
96                 "date": {
97                     "from": "2022-05-01 00:00:00",
98                     "to": "2022-05-31 00:00:00"
99                 },
100                "content": {
101                    "nodeid": "4540533",
102                    "mutationid": "11"
103                }
104            }
105        }
106    },
107    {
108        "conditions": {
109            "all": [
110                {
111                    "fact": "events",
112                    "operator": "detected",
113                    "value": {
114                        "type": "nema-guzve-u-saobracaju",
115                        "freshness": "half an hour ago"
116                    }
117                }
118            ]
119        },
120        "event": {

```

```
121         "type": "action",
122         "params": {
123             "id": "1",
124             "name": "semafori-u-podrazumevanom-nacinu-rada",
125             "description": "Postavi semafore da rade u podrazumevanom nacinu rada",
126             "connector": "iot-connector",
127             "frequency": "once in 30 seconds",
128             "allowConsecutive": false,
129             "date": {
130                 "from": "2022-05-01 00:00:00",
131                 "to": "2022-05-31 00:00:00"
132             },
133             "content": {
134                 "nodeid": "4540533",
135                 "mutationid": "3"
136             }
137         }
138     }
139 }
140 ]
141 }
```

8 REKONFIGURACIJA ZASNOVANA NA B2S4B PLATFORMI

B2S4B procesi zavise od *SCO*-ova koji ih čine a koji se pokreću na osnovu *SCO definicija*. Stoga, menjanje *SCO definicija* vodi do promene poslovnih procesa koji su sačinjeni od *SCO*-a samostalno ili *SCO lanca* u celini. Rezultat promene *SCO definicija* može uključivati rekonfiguraciju IoT uređaja na način kako je predstavljeno u radovima Faci i ostali (Faci et al., 2019) i Ugljanin i ostali (Ugljanin et al., 2018a) (npr., promena sistema semafora u zavisnosti od stanja saobraćaja u okruženju) ili promenu načina objavljivanja društvenih akcija na društvenim mrežama.

Nakon promene *SCO definicije*, *SCO* koji je iniciran na osnovu te definicije će biti obavešten da je potrebno da prestane sa radom, nakon čega će se restartovati i počće sa radom učitavajući novu *SCO definiciju* odgovarajuću novoj situaciji za koju je pripremljen. U slučaju zamene *SCO*-a u lancu, zamenjeni *SCO* će biti ugašen, a novi će biti pokrenuti obezbeđujući nesmetan rad sistema.

Po predmetu rekonfiguracije, razmatrana su četiri tipa rekonfiguracija koja uključuju različite nivoe izmena i efekte na okruženje:

- *Promena pragova u pravilima za detekciju događaja, bez izmene pravila za detekciju ili izvršavanje akcije kao i same akcije.* Dakle, očekivani događaji ostaju isti kao i pre. Primer ove rekonfiguracije je promena praga tolerancije za detekciju zagušenja saobraćaja, tako da je na primer gužva detektovana ako je brzina vozila 5km/h umesto 10km/h. Ova rekonfiguracija ne utiče na okruženje u smislu direktne promene postojećeg načina rada ili očekivanih ishoda, i može se bez većih posledica primeniti.
- *Promena pravila za detekciju događaja, bez izmene pravila za izvršavanje akcije ili same akcije.* Ova promena može uključiti uvođenje novih događaja ili promeniti načine kako se oni detektuju. Još neki od mogućih rezultata ove rekonfiguracije su i novi ishodi u poslovnom procesu i drugačiji uticaj na okruženje pa se treba izvoditi sa pažnjom.
- *Promena pravila za izvršavanje akcije ili promena same akcije koja se treba izvršiti.* Primer ove rekonfiguracije je rekonfiguracija IoT uređaja ili objavljivanje nove društvene akcije na društvenim medijima. Ova rekonfiguracija može uvesti nove ishode u poslovni proces i utiče na okruženje pa se treba izvoditi sa pažnjom.

- *Zamena jednog ili više SCO-a u lancu SCO-a.* Ova rekonfiguracija može uključiti zamenu više SCO-a jednim, zamenu jednog SCO-a jednim ili više drugih, kao i dodavanje novih SCO-ova u postojećem lancu. U procesu ove rekonfiguracije treba imati u vidu svrhu i cilj celokupnog SCO lanca i šta se želi postići rekonfiguracijom.

Kada je u pitanju način iniciranja rekonfiguracije, postoje dva osnovna tipa i to *ručno inicirana* preko *Menadžer-a* od strane inženjera poslovnog procesa, i *automatski inicirana* rekonfiguracija od strane *Analizator-a*. U oba slučaja rekonfiguracija uključuje izmenu SCO definicija i upravljanje životnim ciklusom SCO-a, a razlika je samo u tome ko će biti inicijator rekonfiguracije.

Automatska rekonfiguracija zavisi od *Analizator-a*, brokera poruka *Događaji na nivou grada* i repozitorijuma *Znanje*. Repozitorijum *Znanje* sadrži pravila koja će biti konsultovana pre pokretanja automatske rekonfiguracije od strane *Analizator-a*, a *Događaj na nivou grada* sadrže sve događaje koji su ikada detektovani od strane bilo kog SCO-a. Pristup svim prijavljenim događajima omogućava bolji pogled na dešavanja sa višeg nivoa u pametnom gradu.

U Listingu 3 je naveden primer pravila koje se nalazi u repozitorijumu *Znanje*, koje se ne bavi time ko je detektovao događaj, već je samo bitno da li je događaj detektovan.

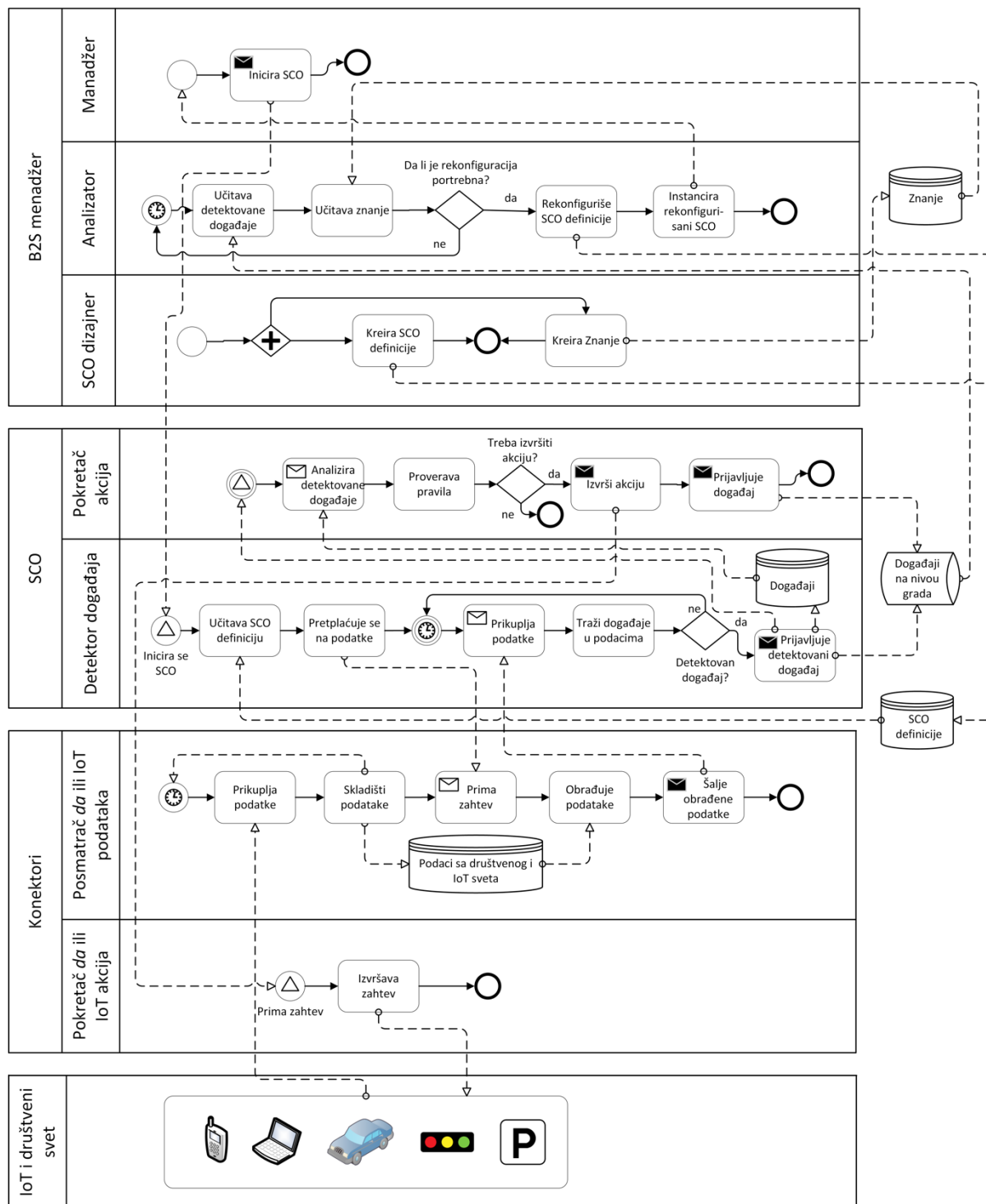
Listing 3 Primer pravila u repozitorijumu Znanje

```
1  if (
2      detektovanDogađaj == gužva
3      && lokacija in [gradski centar, ulica AVNOJ-a, ulica Prvomajska]
4      && vremeDetekcije == poslednjih pola sata
5  )
6  then
    promeni smer ulice iz dvosmernog u jednosmerni
```

Iako ovo pravilo ne sadrži informacije o tome koji SCO je detektovao neki od korišćenih događaja, izvor preko koga je detektovan događaj je ipak važan u smislu poverenja, jer različiti izvori mogu imati različitu težinu, odnosno poverenje (na primer, događaj koji je detektovan sa nekog IoT uređaja može pružiti veću sigurnost nego onaj sa društvene mreže, ili da različiti učesnici na društvenoj mreži mogu imati različit stepen poverenja). U pravilu iznad, događaj “gužva” je univerzalni događaj i nije povezan sa određenim SCO-om ili određenim tipom uređaja, pa se može detektovati kamerama, brojačima ili prijavljivanjem prisustva na društvenim mrežama.

8.1 Proces rekonfiguracije

Proces rekonfiguracije na koji se oslanja B2S4B platforma u procesu rekonfiguracije i adaptacije poslovnih procesa je predstavljen na Slici 32, gde horizontalne trake predstavljaju module B2S4B platforme sa pripadajućim komponentama.



Slika 32 Proces rekonfiguracije poslovnog procesa

Svaki od modula ima posebne zadatke na koje se može gledati kao na korake u rekonfiguraciji i tok podataka se kreće odozdo na gore:

1. *Konektori* - Prikupljanje podataka i obrada,
2. *SCO* - Detekcija događaja i reakcija, i
3. *B2S menadžer* - Prepoznavanje kompleksnih događaja i SCO rekonfiguracija

8.1.1 Prikupljanje podataka i obrada

Ovaj korak se odvija na *Konektorima*. Svaki *Konektor* nezavisno prikuplja podatke sa izvora koje prati i može ih na zahtev obraditi i analizirati da bi obezbedio jasnije i prikladnije podatke (npr., kreiranje društvenog toka na osnovu podataka sa društvenih medija, ili kreiranje klastera podataka na osnovu podataka sa IoT-a). Različiti *SCO*-ovi mogu zahtevati primenu različitih metoda za obradu podataka nad istim setom podataka. U radu (Ugljanin et al., 2016) je prikazan proces izrade društvenog toka na osnovu podataka prikupljenih sa društvenih mreža na primeru društvene mreže Facebook. Metrike koje se primenjuju u obradi rezultata društvene kampanje na društvenim medijima su obrađene u radu (Kajan et al., 2020).

8.1.2 Detekcija događaja i reakcija

Ovaj korak se odvija u okviru odgovarajućeg *SCO*-a. *SCO* prima željene podatke sa *Konektora*, i detektuje događaje na osnovu *SCO* uslova za detekciju događaja.

Kada detektuje događaj, *SCO* ga čuva lokalno i objavljuje globalno u vidu *Događaja na nivou grada* preko brokera poruka, i može ukoliko su za to ispunjeni uslovi da izvrši odgovarajuću akciju. Isti uslovi za detekciju događaja mogu biti korišćeni za detektovanje različitih događaja kada se primene u različitim kontekstima. Proces detekcije događaja u *SCO* se odnosi samo na očekivane događaje, gde je definisano koji događaji se očekuju i kako da se reaguje nakon detekcije. Na ovaj način svaki *SCO* zna unapred kako da reaguje kada detektuje jedan ili više događaja.

8.1.3 Prepoznavanje kompleksnih događaja i SCO rekonfiguracija

Neplanirane okolnosti u pametnom gradu mogu izazvati probleme i zahtevaju brzu reakciju, kao na primer rešavanje problema parkiranja u slučaju masovnih okupljanja ili rešavanje saobraćaja u slučaju prirodnih nepogoda. Umesto da se ovo rešava promenom celog poslovnog procesa, efikasnije je rekonfigurisati samo deo, poput rekonfiguracije određenog *SCO*-a koji je deo tog procesa.

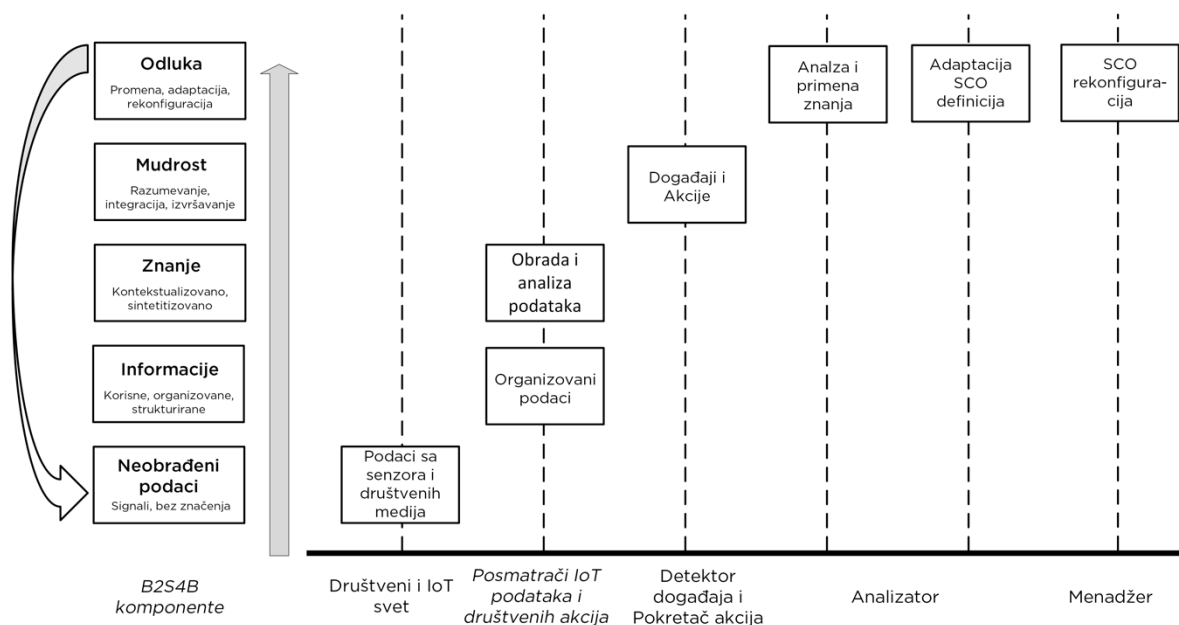
Ovaj korak se odvija na strani *B2S menadžera* i može biti iniciran ručno od strane inženjera poslovnog procesa preko *Menadžer*-a, ili automatski od strane *Analizator*-a. U oba slučaja potrebna je promena *SCO definicija*, a detektovani događaji koji se mogu razmatrati kao okidač promene mogu biti detektovani od bilo kog *SCO*-a. Nakon promene *SCO definicija*, *SCO* koji je pokrenut na osnovu te definicije pre promene će biti obavešten o promeni. Promena *SCO definicija* može sadržati promene na nekim ili svim *SCO* karakteristikama. Na ovaj način, *SCO definicije* upravljaju komuniciranjem B2S4B platforme sa društvenim i IoT svetom.

Menadžer koji je zadužen za upravljanje *SCO*-ovima ima uvid u životni ciklus svih aktivnih *SCO*-a, dok *Analizator* posmatra *Događaje na nivou grada* i analizira *Znanje*, pa ukoliko je potrebno menja *SCO definicije* da bi rešio problematičnu situaciju i šalje *Menadžeru* instrukcije za dalje korake u vidu pokretanja ili gašenja *SCO*-ova.

8.2 Transformacija i tok podataka u B2S4B platformi

Transformacija podataka i njihov tok kroz različite komponente B2S4B platforme slede DIKW model (Ackoff, 1989), koji počinje sa *Neobrađenim podacima* (D - Data), koji se dalje transformišu u *Informacije* (I - Information), *Znanje* (K - Knowledge) i *Mudrost* (W - Wisdom). Različite definicije sva četiri sloja DIKW modela su predstavljene u literaturi i sumirane u (Rowley, 2007). Ovaj DIKW model je dalje proširen na DIKWD model (Mannion, 2015) (i-SCOOP, n.d.) predložen od strane IoT kompanije AGT, koji dodaje *Odluku* (D - Decision) iznad *Mudrosti* da bi podržala donosiocice odluka. Pristup transformaciji podataka u B2S4B platformi uključuje blagu izmenu pomenutog DIKWD modela na način da poslednji nivo *Odluka* ima za cilj rekonfiguraciju izvora podataka (društvenog i IoT sveta) i time obnavlja proces transformacije podataka sa mogućnošću dobijanja drugačijih ishoda, pa time čini cirkularni proces transformacije (C-DIKWD). Slika 33 predstavlja pomenuti C-DIKWD

model, gde se transformacija podataka odvija od *Neobrađenih podataka* do *Mudrosti*, i gde na kraju *Odluka* pokreće rekonfiguraciju, i na taj način inicira kreiranje novih podataka i pokreće proces transformacije podataka nanovo. Na ovoj slici Y osa prikazuje pet slojeva C-DIKWD modela, dok X osa prikazuje društveni i IoT svet u ulozi izvora podataka kao i komponente B2S4B platforme. Na slici je takođe prikazano mapiranje u vidu konkretnih akcija kojim je određena komponenta zadužena i koji vid transformacije je primenjen u njoj.



Slika 33 C-DIKWD model

Svaka vertikalna linija predstavlja kretanje kroz C-DIKWD hijerarhiju na sledeći način:

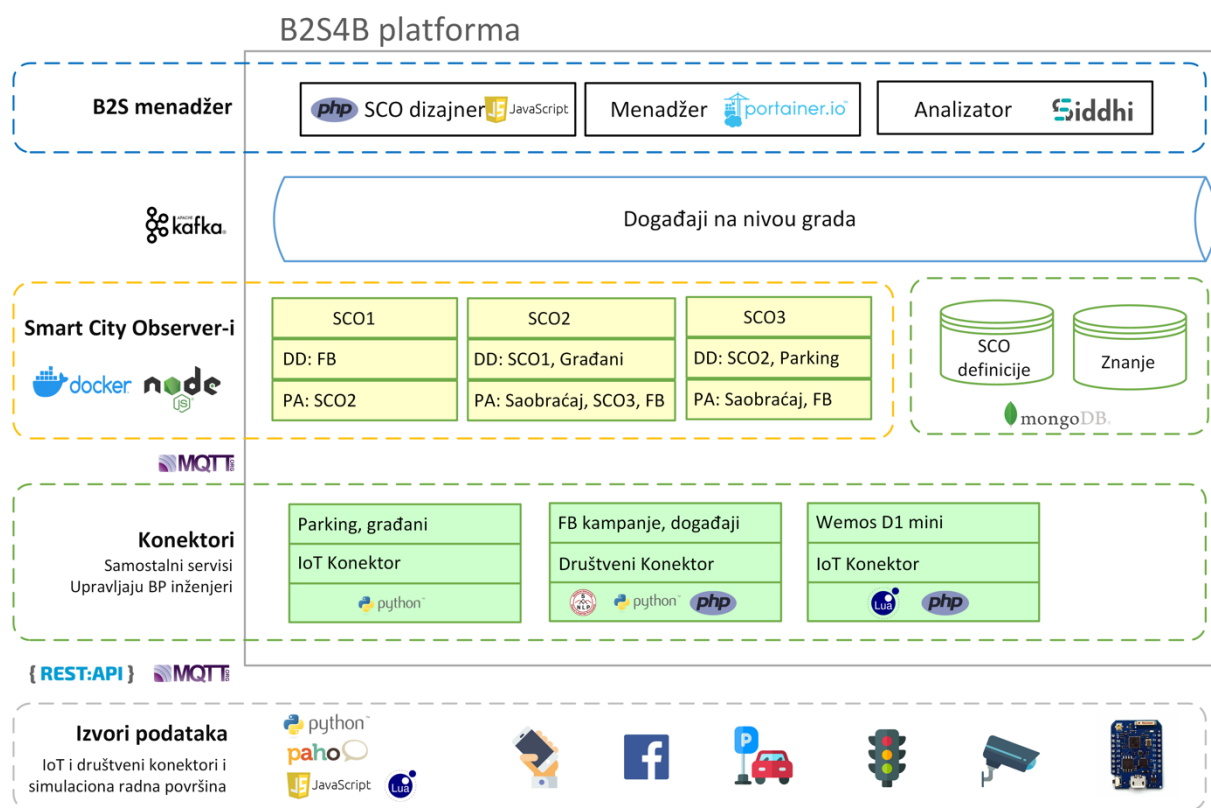
1. *Društveni i IoT svet* (izvori podataka) proizvode neobrađene podatke sa senzora i sa društvenih mreža čije značenje nije poznato unapred i zavisi od konteksta.
2. *Posmatrač društvenih akcija* i *Posmatrač IoT podataka* (Konektori) prikupljaju podatke sa društvenog i IoT sveta, organizuju ih i strukturiraju u lokalne repozitorijume podataka. Ukoliko je potrebno, podaci se dodatno obrađuju primenom analiza i metrika čime im se daje dodatno značenje i time se dobijaju potpuniji i značajniji podaci.
3. Analizom pripremljenih pravila i kontekstualizovanih podataka, *SCO* komponenta *Detektor događaja* vrši lokalnu detekciju događaja, na osnovu kojih *Pokretač akcija* izvršava odgovarajuće akcije.
4. *Analizator* prikuplja događaje sa svih pokrenutih *SCO*-ova, tražeći nova značenja na višem nivou i donosi odluku za rekonfiguraciju. Odluka može uključivati promenu *SCO definicija*, a može i samo proslediti postojeću *Menadžeru*.

5. *Menadžer* pokreće inicira promenu na *SCO*-u na zahtev *Analizator-a*.

Nakon adaptacije *SCO definicija*, *SCO* koji je povezan sa prethodnom *SCO definicijom* se obaveštava da je došlo do izmene, preuzima nova pravila za rad i počinje proizvodnju novih, nekada potpuno drugačijih podataka kao rezultat adaptacije. Ovaj proces se restartuje nakon svake rekonfiguracije odnosno adaptacije.

9 IMPLEMENTACIJA PROTOTIPA B2S4B PLATFORME

U toku implementacije B2S4B platforme korišćeno je više tehnologija koje su podrška modulima i komponentama B2S4B platforme. Slika 34 predstavlja implementaciju B2S4B platforme, gde je za svaki modul i komponentu naznačeno koja tehnologija stoji iza njih. Implementacija *Konektora* (Društvenog i IoT) je već detaljno opisana u Poglavljima 5.3.2 i 6.6, a u narednim poglavljima su izneseni detalji implementacije preostalih elemenata sa slike.



DD – Detektor događaja, PA - Pokretač akcija, FB - Facebook

Slika 34 Tehnologije korišćene u toku implementacije B2S4B platforme

9.1 Implementirani moduli i komponente

U ovom poglavlju su predstavljeni detalji implementacije B2S4B modula *SCO* i komponenti *B2S menadžera* i to *SCO dizajner*, *Analizator* i *Menadžer*.

9.1.1 SCO dizajner

Iako se *SCO definicije* mogu kreirati u obliku JSON dokumenta koristeći bilo koji alat za obradu teksta, a prateći rečnik *SCO definicije* predstavljen u Tabelama 12-23, ručno definisanje ostavlja mogućnosti greške, sporije je i otežava preglednost. Da bi kreiranje *SCO definicija* bilo jednostavno i razumljivo svima, napravljen je alat za kreiranje istih koristeći PHP, JavaScript, HTML i CSS. Koristeći ga, korisnik može jednostavno kreirati *SCO definicije* popunjavanjem formi i odabirom vrednosti iz liste ponuđenih opcija na lagan i intuitivan način. Pored toga korisnik ima mogućnost pregleda grafičke reprezentacije napravljenog *SCO-a* sa definisanim ulazima i izlazima, što omogućava bolji uvid u celinu, a implementiran je korišćenjem JavaScript biblioteke GoJS. Primer grafičkog prikaza *SCO definicije* se može videti na Slici 35. Na njoj su predstavljena četiri povezana pravougaonika gde jedan žuti predstavlja izvor podataka (*Detektor događaja*), sivi označava da je *SCO* u pitanju, dva plava su akcije koje treba izvršiti (*Pokretač akcija*), a usmerene linije predstavljaju smer kretanja podataka u *SCO-u*.

The screenshot displays the B2S4B SCO Designer interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'SCO Definitions', 'Sources', and 'Events'. The main area is divided into a left sidebar and a central workspace. The sidebar contains a tree view with 'SCO Definition' selected, and sub-items for 'Sources' and 'Events'. The central workspace shows a graphical diagram of a SCO definition. It consists of four interconnected boxes: a yellow box at the top labeled 'Monitoring car speed in avnoja street', a grey box in the middle labeled 'SCO', and two blue boxes at the bottom. The left blue box contains the text 'When normal traffic is detected change traffic lights to normal mode', and the right blue box contains 'When traffic jam is detected change traffic light to emergency mode'. Arrows indicate the flow of data from the yellow box to the grey box, and from the grey box to both blue boxes. Below the diagram, there are form fields for 'Name' (Traffic lights v1) and 'SCO Definition' (One source, two actions). The interface also features two tables: 'Event Detection' and 'Action execution'. The 'Event Detection' table has one entry with a description 'Monitoring car speed in avnoja street', source type 'iot-connector', source 'street', and location 'avnoja'. The 'Action execution' table has one entry with an action 'When normal traffic is detected change', connector 'iot-connector', frequency 'once in 30 seconds', and 'Allow consecutive execution' set to 'No'. Both tables include 'Edit' and 'Delete' buttons for each entry.

Slika 35 Kreiranje SCO1 koristeći B2S4B SCO dizajner

Na Slikama 35 i 36 je predstavljena procedura kreiranja *SCO lanca* (koji se sastoji od SCO1 i SCO2) kreiranjem *SCO definicija* za svaki od *SCO-a* u lancu, dok je definisanje *Detektora Događaja* prikazano na Slici 37, a definisanje *Pokretača Akcija* na Slici 38.

SCO definicije se čuvaju u udaljenoj MongoDB bazi podataka u JSON-LD formatu i mogu se lako deliti i proširivati kao i koristiti u procesu instanciranja SCO-ova. Ovaj alat je open-source i dostupan je na GitHub-u¹⁵.

The screenshot shows the 'Smart City Observer Definition' interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'SCO Definitions', 'Sources', and 'Events'. The main content area is divided into a left sidebar and a main workspace. The sidebar contains 'SCO Definition', 'Sources', and 'Events'. The main workspace displays a flowchart with the following components: 'Monitoring car speed in avnoja street' (Event detection), 'Monitor car traffic in avnoja street' (Event detection), 'SCO' (Action execution), 'When normal traffic is detected change traffic lights to normal mode' (Action execution), 'When traffic jam is detected change traffic light to emergency mode' (Action execution), and 'Alternative traffic light mode' (Action execution). Below the flowchart, there are input fields for 'Name' (Sco-chain) and 'SCO Definition' (SCO chain, where one SCO depends on executed action on another SCO). At the bottom, there is an 'Event Detection' table with the following data:

#	Description	Source type	Source	Location	
1	Await for info that the traffic light mode is changed	sco	traffic-light-mode-1	cat1bda0d33b6768c4379dc60777a1d31	Edit Delete
2	Monitor car traffic in avnoja street	iot-connector	street	avnoja	Edit Delete

Slika 36 Kreiranje SCO2 koristeći B2S4B SCO dizajner

The screenshot shows the 'Event Detection source' configuration interface. The main content area is divided into a left sidebar and a main workspace. The sidebar contains 'SCO Definition', 'Sources', and 'Events'. The main workspace displays the configuration for an 'Event Detection source'. The configuration includes the following fields: 'Description' (Monitoring car speed in avnoja street), 'Source Type' (IoT Connector), 'Source' (Street - avnoja), 'Starting from' (Date: 2022-04-22, Time: 00:00), and 'Ending at' (Date: 2022-05-06, Time: 00:00). Below the configuration fields, there is an 'Expected events' section with a table of rules:

Source	Operator	Value	
street	Greater Than	0	Delete rule
street	Less than	20	Delete rule

At the bottom, there is an 'Expected event' dropdown menu with the value 'normal-traffic'.

Slika 37 Definisane pravila za detekciju događaja

¹⁵ <https://github.com/ugljanin/sco-designer>

Slika 38 Definisane pravila za izvršavanje akcija

9.1.2 Menadžer

Za ručnu kontrolu *SCO* instanci u Docker¹⁶ kontejnerima korišćen je Portainer¹⁷, alat koji omogućava jednostavno pokretanje, praćenje i gašenje kontejnera koristeći korisnički interfejs. U tu svrhu kreiran je šablon na osnovu koga se jednostavno mogu instancirati *SCO*-ovi dostavljanjem *SCO*ID-a *SCO* definicije, nakon čega se kontejner instancira i *SCO* počinje sa radom. Ovaj alat omogućava i praćenje korišćenja resursa svakog kontejnera i daje uvid u iste.

9.1.3 Analizator

Implementiran je demonstracioni i funkcionalni prototip *Analizatora* korišćenjem Siddhi¹⁸ - Complex Event Processing (CEP) platforme. Ova platforma omogućava analizu *Događaja na nivou grada* koje šalje *SCO* preko Kafka¹⁹ toka podataka, a primenjuje pravila koja su definisana i smeštena u MongoDB repozitorijumu *Znanje* radi donošenja odluke. Iako automatska rekonfiguracija *SCO* definicija nije implementirana u *Analizatoru* u trenutku pisanja ovog rada, ona je u planu kao jedno od proširenja platforme u budućnosti.

¹⁶ <https://www.docker.com>

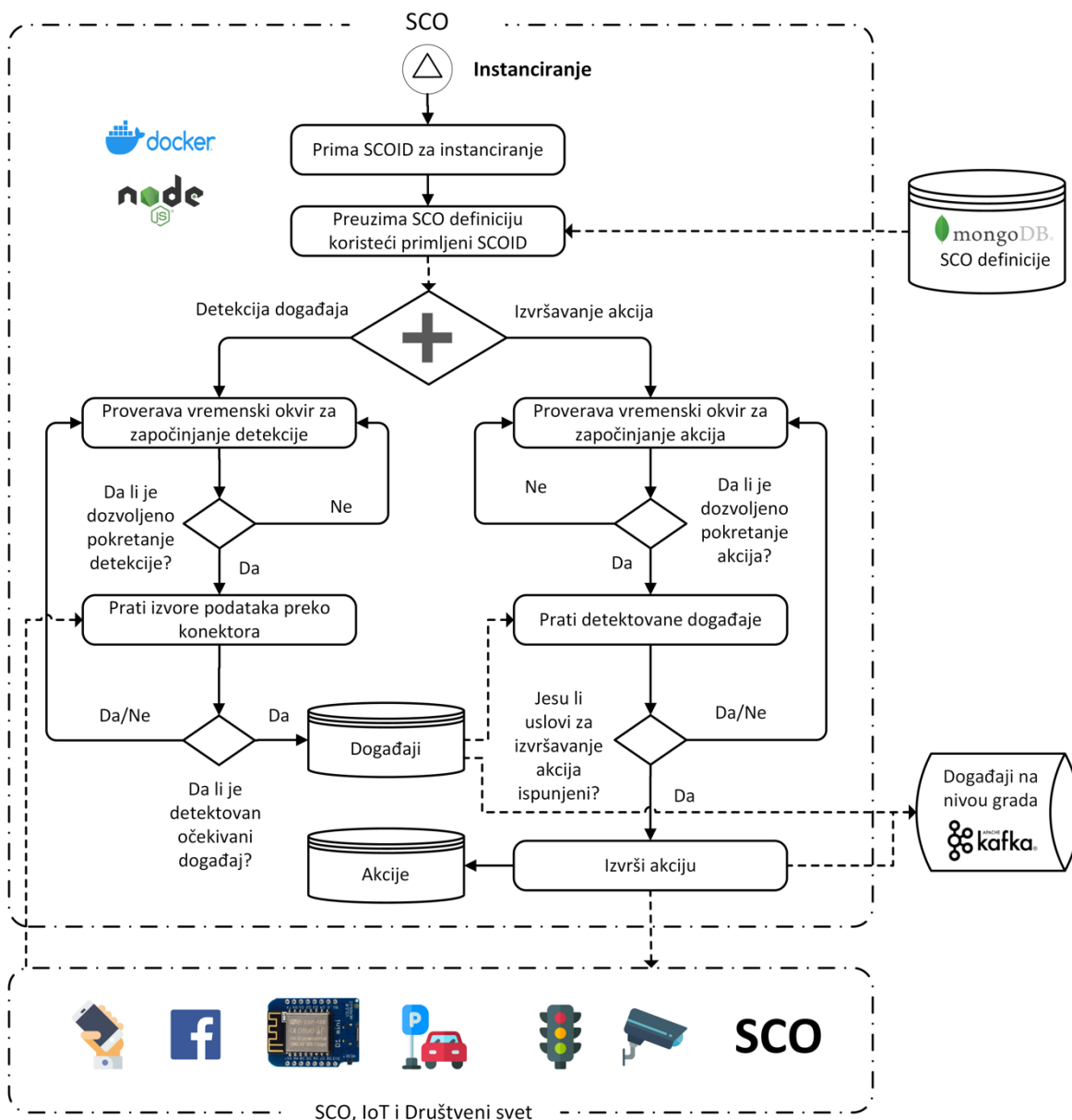
¹⁷ <https://www.portainer.io>

¹⁸ <https://siddhi.io>

¹⁹ <https://kafka.apache.org>

9.1.4 SCO

Skripta za inicijalizaciju *SCO*-a na osnovu *SCO definicija* je razvijena u JavaScript-u i pokreće se na NodeJS²⁰ platformi. Proces izvršavanja ove skripte od instanciranja *SCO*-a, preko detekcije događaja do izvršavanja akcija je predstavljen na Slici 39.



Slika 39 Proces izvršavanja unutar SCO

Pri inicijalizaciji *SCO*-a, potrebno mu je dostaviti identifikacioni broj *SCO definicije* (SCOID) koji služi kao identifikacija potrebne *SCO definicije*. Odgovarajuća *SCO definicija* će biti

²⁰ <https://nodejs.org>

preuzeta pristupom udaljenoj MongoDB bazi podataka, i nakon preuzimanja iste, na osnovu nje se instancira *SCO* koji započinje paralelne procese *Detektor događaja* i *Pokretač akcija*.

Detektor događaja prvo proverava da li vremenski okvir definisan za detekciju događaja odgovara trenutnom vremenu, pa ako odgovara počinje sa radom, a ako ne odgovara čeka definisani vremenski okvir za izvršavanje. U slučaju da je vremenski okvir izvršavanja odgovarajući, pravila definisana za detekciju očekivanih događaja se proveravaju, pa ukoliko je događaj detektovan, on se čuva u lokalnoj memoriji *SCO*-a i objavljuje u vidu *Događaja na nivou grada*. Nakon detekcije događaja, proces se ponavlja prateći definisane uslove.

Pokretač akcija takođe prvo proverava da li je vremenski okvir za izvršavanje akcija odgovarajući (ovaj vremenski okvir ne mora da bude isti kao vremenski okvir detekcije događaja), pa ako jeste počinje sa radom. Proverava pravila za izvršavanje akcija primenjujući ih nad skupom detektovanih događaja iz lokalnog repozitorijuma *Događaji* unutar *SCO*. Ukoliko su uslovi za izvršavanje odgovarajući, akcija se snima u lokalnom repozitorijumu *Akcije*, i izvršava nad odgovarajućim subjektom (*SCO*, Društveni svet ili IoT svet). Izvršavanje akcije je ujedno i događaj koji se objavljuje u vidu *Događaja na nivou grada*.

Svaki inicijalizovan *SCO* se pokreće u samostalnom Docker kontejneru na NodeJS platformi. „Izvorni kod“ za inicijalizaciju *SCO*-a je open-source i javno je dostupan na GitHub-u²¹. *Događaj na nivou grada* koje *SCO* prijavi se objavljuju koristeći broker poruka koji je implementiran korišćenjem Apache Kafka.

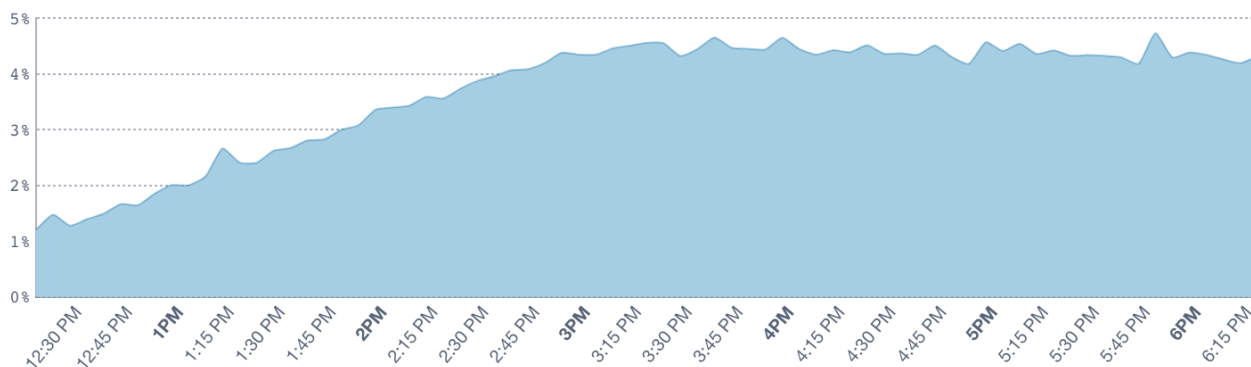
9.1.4.1 Evaluacija *SCO* instance

U ovom poglavlju je predstavljena evaluacija performansi *SCO*-a sa ciljem prikazivanja koliko je *SCO* instanca zahtevna u vidu korišćenja računarskih resursa i to procesora, memorije i mreže obzirom da je ona centralni element B2S4B platforme. Da bi podaci bili što objektivniji, zakupljen je virtuelni server kod kompanije Hetzner u Nemačkoj sa oznakom CX11 koji ima dodeljen jedan virtuelni CPU, 2GB ram memorije i 20GB diska. Cena ovog virtuelnog servera na mesečnom nivou je 3.5 eura, što ukazuje na to da je u pitanju veoma pristupačan server male procesorske moći, i stoga je evidentno da će dobijeni rezultati biti mnogostruko bolji na pravim mašinama sa više procesora. Na ovom serveru je instalirana Ubuntu distribucija Linuxa, dok je od dodatnih programa instaliran Docker koji je potreban za pokretanje NodeJS aplikacije. NodeJS implementacija *SCO*-a je preuzeta sa pomenutog *SCO* GitHub repozitorijuma i

²¹ <https://github.com/ugljanin/sco>

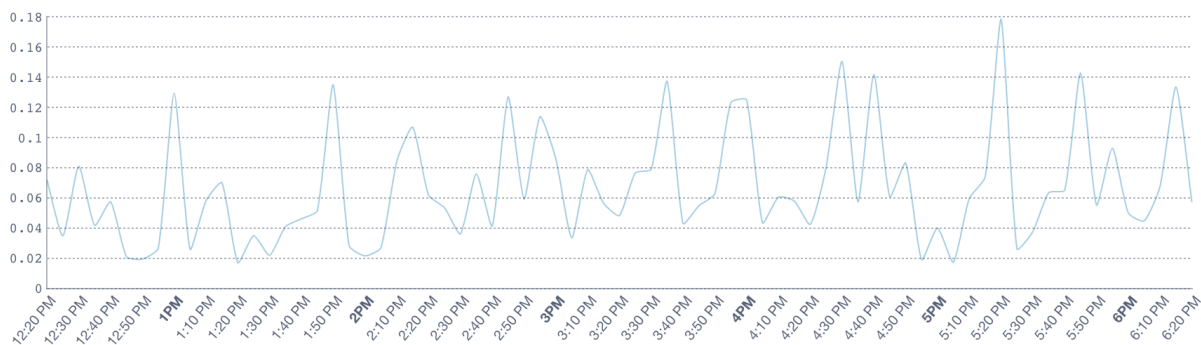
pokrenuta u Docker kontejneru na ovoj virtuelnoj mašini. Radi omogućavanja praćenja i upoređivanja koliko resursa je iskorišćeno na virtuelnoj mašini kao i na samom kontejneru instalirana je besplatna verzija programa Sematext²² koja obezbeđuje vezu između virtuelne mašine i radne površine Sematex-a koja je dostupna na Sematext sajtu i prikazuje rezultate u vidu grafikona.

Da bi SCO implementacija bila testirana u ekstremnim uslovima kreiran je novi SCO koji će konstantno pratiti dva izvora podataka i konstantno detektovati događaje na oba izvora u toku 6 sati. U daljem tekstu su prikazani rezultati šestočasovne evaluacije.



Slika 40 Prikaz korišćenja procesora na virtuelnoj mašini gde je pokrenut Docker

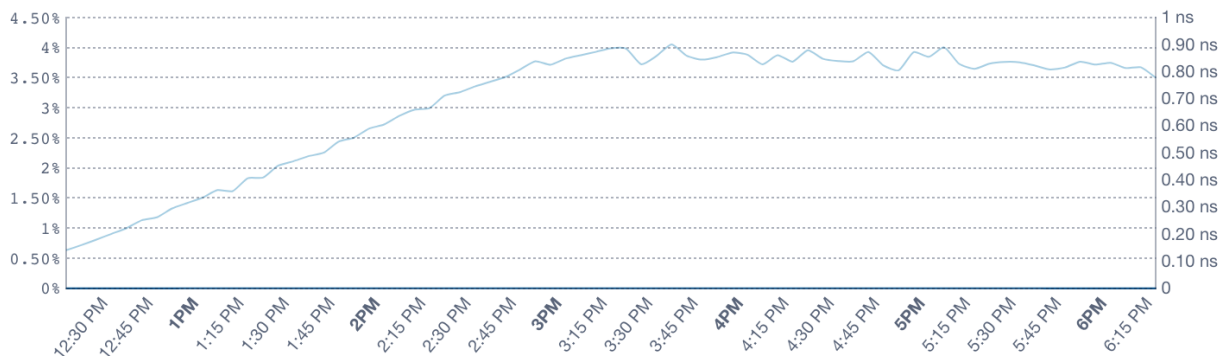
Slika 40 prikazuje da u trenutku instanciranja SCO-a na ovoj virtuelnoj mašini SCO koristi manje od 1.5% procesora virtuelne mašine, a da korišćenje procesora raste kako vreme prolazi i uvećava se broj detektovanih događaja do 4.5% CPU gde ostaje stabilno. Ova granica se definiše maksimalnim brojem sačuvanih detektovanih događaja koji je u ovom slučaju podešen na 10 000. Ovaj broj se može menjati u zavisnosti od potreba i karakteristika sistema.



Slika 41 Prosečno korišćenje procesora u Linux sistemu

²² <https://sematext.com/>

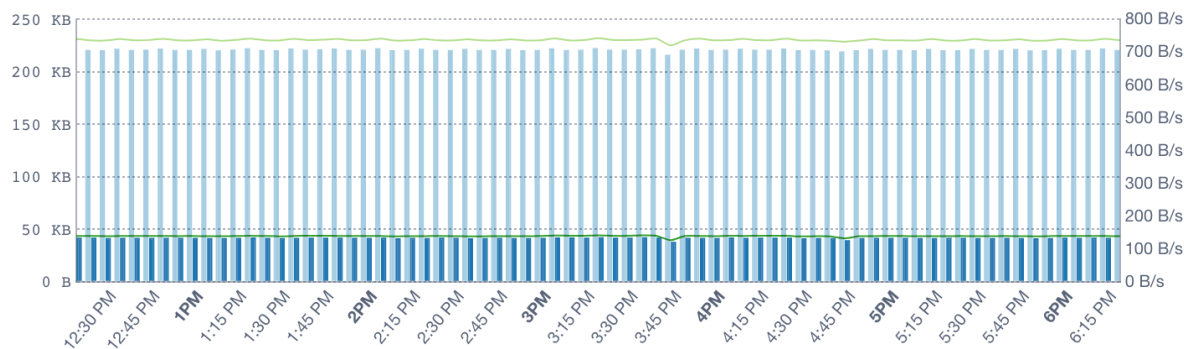
Na Slici 41 se vidi prikaz prosečnog korišćenja procesora na osnovu izveštaja koji se dobija od Linux operativnog Sistema.



Slika 42 Prikaz korišćenja procesora kontejnera u kome se izvršava SCO instance u Docker kontejneru

Na Slici 42 je sa druge strane prikazano koliko resursa dodeljenih kontejneru koristi SCO aplikacija. Dijagram je sličan onom na Slici 40, s time što je procenat korišćenja procesora malo manji jer se na virtuelnoj mašini pokreću i drugi servisi operativnog sistema.

Opterećenje mreže na kontejneru je prikazano na Slici 43. Tamnije linije predstavljaju poslanih pakete, dok svetlije prikazuju primljene pakete. Ovo je ekstremni slučaj gde se akcije izvršavaju svake sekunde pa je razlika između primljenih i poslanih paketa samo 7 puta manja, a uz optimizaciju broj poslanih paketa može biti neuporedivo manji.



Slika 43 Količina podataka koja se prenosi preko mreže u kontejneru.

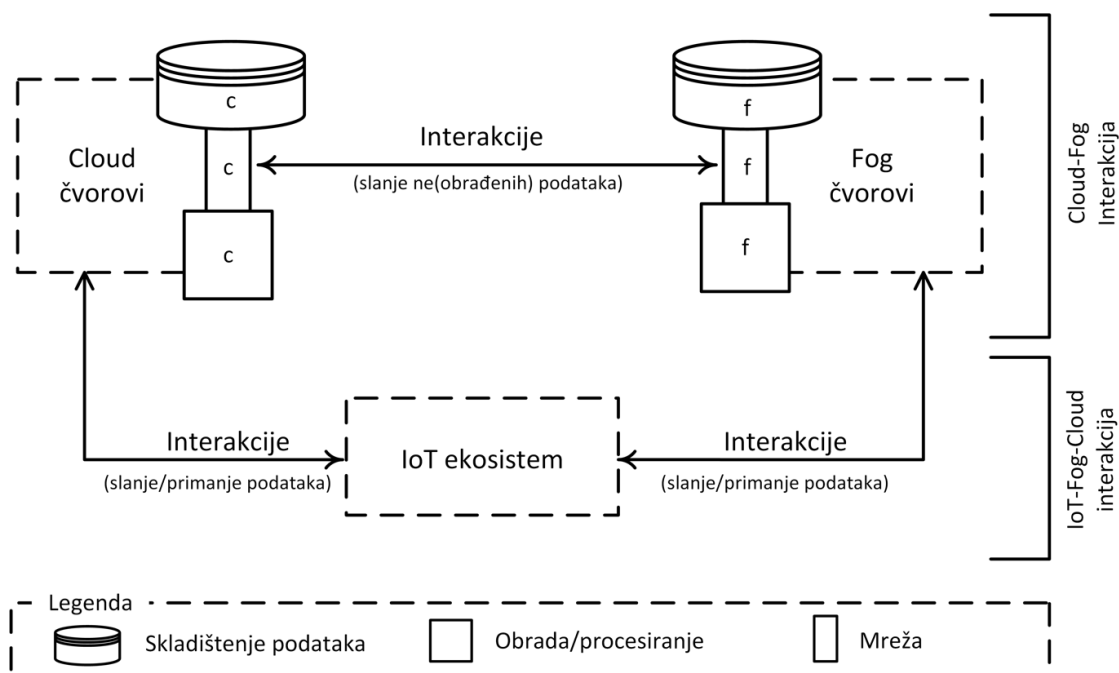
Obzirom da u ovoj implementaciji nije korišćena stalna memorija za skladištenje detektovanih događaja, u ovoj analizi nema grafikona koji pokazuje korišćenje memorije jer je on prazan i nema se šta prikazati.

Pomenuti testovi pokazuju da se bez obzira na to što je mašina na kojoj je instanciran SCO izuzetno slabe procesorske moći, i da je u putanju SCO koji nije optimizovan (maksimalno

opterećen i time čini ekstrem), može sa sigurnošću tvrditi da instanciranje *SCO*-a nije zahtevno u pogledu procesorske moći ili neophodnih resursa pa se veliki broj *SCO*-ova može instancirati na regularnim serverima da bi nesmetano izvršavali svoje zadatke.

9.2 Kriterijumi za osiguravanje najefikasnije komunikacije u B2S4B platformi

Obzirom da je B2S4B platforma bazirana na mikroservisima njeni sastavni delovi se mogu smestiti na različita mesta na mreži (Cloud ili Fog sloj) da bi osigurali efikasnu i blagovremenu reakciju na pristigle podatke sa različitih izvora. Različiti su razlozi za donošenje odluke koji sloj za čuvanje, obradu i analizu podataka odabrati, poput izbegavanja rizika od zagušenja mreže i iskorišćavanja prostora za skladištenje podataka (Dastjerdi et al., 2016). Maamar i ostali su se bavili analizom ko bolje opslužuje IoT uređaje (IoT), Cloud (C), Fog (F) ili oba zajedno. Identifikovane su dužnosti oba sloja, i analiziran je niz scenarija saradnje među njima koji su eksperimentalno evaluirani na osnovu čega je donesen zaključak da priroda IoT aplikacije diktira koji model treba da se primeni (Maamar et al., 2018).



Slika 44 Koordinacioni model IoT-Fog-Cloud

U radu (Maamar et al., 2019) je predstavljen model za koordinaciju između Fog i Cloud sloja sa ciljem da bude od pomoći inženjerima koji razvijaju IoT aplikacije u donošenju odluke gde treba slati podatke (na Cloud, Fog ili oba). U modelu je predstavljen pristup Cloud/Fog

koordinaciji, kao i kriterijumi koji se koriste za selekciju odgovarajuće konfiguracije koordinacije (tj., kome će IoT uređaji slati svoje podatke).

Slika 44 prikazuje model za koordinaciju između Cloud i Fog sloja. Oba sloja imaju sposobnosti da čuvaju, obrađuju i razmenjuju podatke, i zavise od potreba i zahteva IoT aplikacija. U ovom modelu IoT ekosistem sadrži IoT uređaje koje proizvode podatke i dostavljaju odgovarajućim primaocima (Fog ili Cloud, ili oboma). Pored toga predstavljene su i dve kategorije interakcija i to:

- **IoT-Fog-Cloud (IoTFC)** uključuje IoT ekosistem i Fog i/ili Cloud čvorove, i funkcioniše tako što se šalju i/ili primaju neobrađeni podaci od IoT uređaja prema Fog i/ili Cloud čvorovima.
- **Cloud-Fog (CF)** uključuje Cloud i Fog čvorove i sastoji se od usmeravanja neobrađenih ili obrađenih podataka od Cloud-a do Fog-a ili obratno. Cilj je da IoT uređaji ne šalju iste podatke i Cloud i Fog čvoru, već da pošalju jednom od njih, a da taj prosledi podatke drugom partneru.

U istom radu su identifikovani sledeći kriterijumi koji se koriste u procesu donošenja odluka gde treba slati podatke:

- **Frekvencija** – odnosi se na učestalost prenošenja podataka od IoT uređaja prema Fog/Cloud čvorovima i ona može biti regularna (npr. na svakih 2 sata) ili neprekidna.
- **Osetljivost** – odnosi se na zaštitu podataka koja se treba primeniti nad podacima koji se razmenjuju između IoT uređaja i Fog/Cloud čvorova.
- **Svežina** – ukazuje na to koliko je važno da su podaci koji se razmenjuju između IoT uređaja i Fog/Cloud čvorova sveži (novi) i odnosi se na očuvanje kvaliteta podataka tokom prenosa.
- **Vreme** – odnosi se na to koliko će brzo podaci biti dostupni za obradu u procesu prenosa od IoT uređaja do Fog/Cloud čvora.
- **Količina** – odnosi se na količinu podataka koje IoT uređaji proizvedu i pošalju Fog/Cloud čvorovima.
- **Kritičnost** – odnosi se na zahteve koje Fog/Cloud čvorovi ispolje prema podacima sa IoT. Niski zahtevi mogu da rezultiraju ignorisanjem nekih podataka.

Tabela 24 sadrži preporuke pomenutih kriterijuma nezavisnih jedni od drugih, u primeni na različite forme interakcija među IoT, Fog sloja i Cloud sloja. Definisano je 5 tipova interakcija

i to one sa jednim korakom ($IoT \rightarrow C$, $IoT \rightarrow F$ i $IoT \rightarrow C|F$) i one sa dva koraka ($IoT \rightarrow C \rightarrow F$, $IoT \rightarrow F \rightarrow C$) gde su IoT uređaji (IoT), Fog sloj (F), Cloud sloj (C), (\rightarrow) predstavlja tok i (|) predstavlja konkurentno izvršavanje.

Tabela 24 Kriterijumi za odabir primaoca podataka (JP: Jako preporučeno, P: preporučeno, NP: Nije preporučeno, NMP: ne može se primeniti)

Kriterijum	Osobine	$IoT \rightarrow C$	$IoT \rightarrow F$	$IoT \rightarrow C F$	$IoT \rightarrow C \rightarrow F$	$IoT \rightarrow F \rightarrow C$
Frekvencija	Neprekidan prenos	NP	JP	NMP	NP	P
	Regularan prenos Kratke pauze	NP	JP	NMP	NP	JP
	Regularan prenos Duge pauze	P	P	P	P	P
Osetljivost	Visoka	NP	JP	NMP	NP	JP
	Niska	P	P	P	P	P
Svežina	Veoma važna	NP	JP	NMP	NP	P
	Nije važna	P	P	P	P	P
Vreme	U realnom vremenu	NP	JP	NMP	NP	JP
	Skoro u realnom vremenu	P	JP	JP	P	JP
	Grupna obrada	JP	NP	NMP	P	NP
Količina	Velika količina	JP	NP	NMP	NP	NP
	Mala količina	NP	JP	NMP	NP	P
Kritičnost	Veoma važna	JP	JP	JP	JP	P
	Nije važna	NP	JP	NMP	NP	JP

Kada su u pitanju komponente B2S4B platforme neke od njih imaju već određeno mesto u mreži koje je stalno i gde nema potrebe za razmatranjem, a to su *Menadžer*, *Analizator*, *SCO dizajner* i *Društveni konektor* koje se smeštaju na Cloud-u.

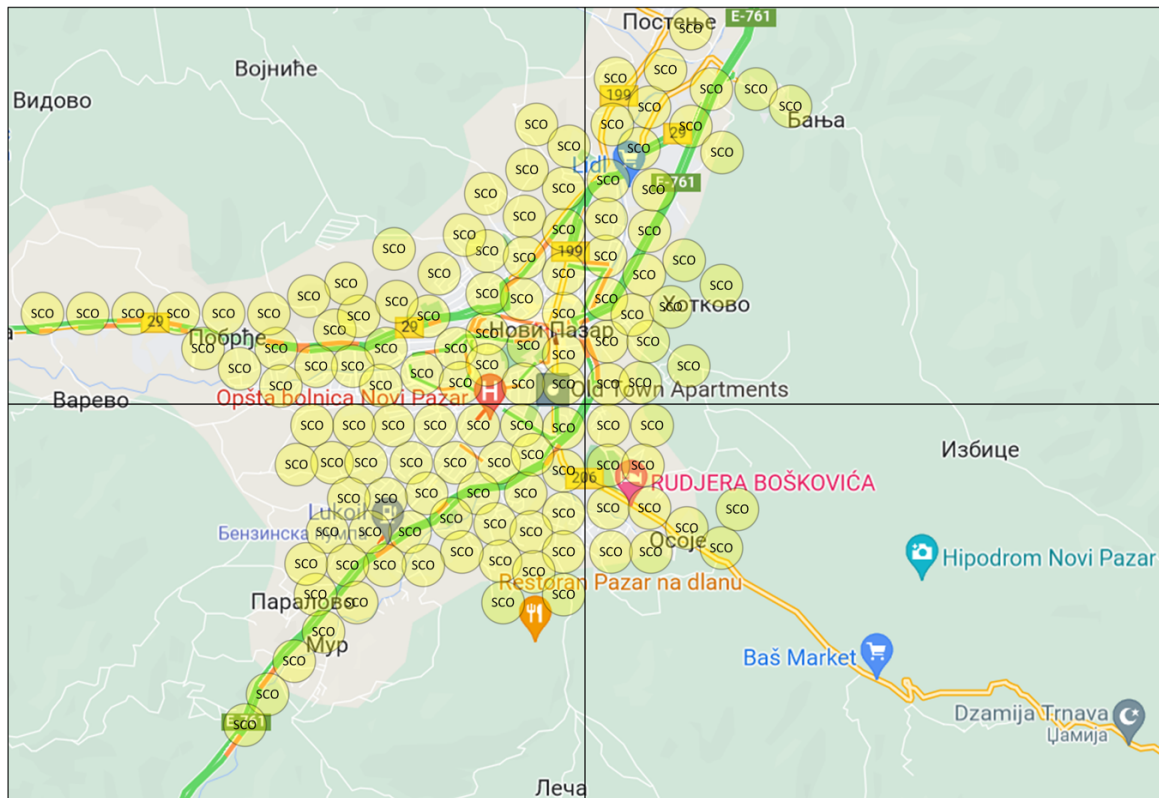
Sa druge strane odluka gde će biti smešten *SCO* kada radi samostalno i prati *IoT konektor*, ili je deo *SCO lanca*, ili gde će biti smešten određeni *IoT konektor* zavisi od konteksta. Koristeći kriterijume definisane u Tabeli 24 možemo definisati gde treba biti smešten *IoT konektor* ili instanciran *SCO* i time osigurati blagovremenu reakciju i učiniti B2S4B platformu efikasnijom.

9.3 Proširivost platforme

Kada je proširivost B2S4B platforme u pitanju potrebno je razumeti nadležnosti njenih komponenti, maksimalna opterećenja i mogućnosti proširenja komponenti, kao i način komunikacije među komponentama. U daljem tekstu će biti predstavljene komponente B2S4B platforme od dna ka vrhu, odnosno od prikupljanja podataka do analize i donošenja odluka sa mogućnostima proširenja za svaku od njih.

Konektori (bilo društveni ili IoT) prikupljaju velike količine podataka sa različitih izvora (IoT uređaja ili društvenih mreža), pa te podatke, ukoliko je potrebno obrađuju i dostavljaju *SCO*-ovima. U studijama slučaja gde može biti uključen ogroman broj *IoT uređaja*, preporuka je da se ne koristi samo jedan *Konektor* određenog tipa već da se njegovo opterećenje podeli kreiranjem više instanci istog *Konektora* (npr. *IoT konektor* se može instancirati više puta na različitim računarskim uređajima). U tom slučaju bi svaka instanca *IoT konektora* bila postavljena na *Fog* sloj prema preporukama iz prethodnog poglavlja, da bi bila blizu *IoT uređajima* sa kojima komunicira i koji su joj u okruženju i da bi se obezbedila blagovremena reakcija. Pored toga svaka instanca *Konektora* može koristiti poseban broker poruka, pa se dodavanjem dodatnih *IoT konektora* vrši horizontalno proširivanje platforme i samim tim se smanjuju rizici od dostizanja maksimuma u broju povezanih uređaja koje MQTT broker može da podnese u zavisnosti jačine računara na kome se nalazi.

Slika 45 prikazuje primer grada Novog Pazara koji je podeljen u četiri regiona (svaki uokviren pravougaonikom), gde je svaki region pokriven jednom instancom *Konektora*. Sve instance *Konektora* imaju sopstveni MQTT broker i različit broj *SCO* instanci koje vrše interakciju sa B2S4B platformom preko nadležnog *Konektora*. Broj *IoT uređaja* u ovim regionima varira, a različiti *SCO*-ovi mogu koristiti iste *IoT uređaje* kao izvore podataka. *Konektori* mogu da komuniciraju sa različitim *IoT uređajima* koristeći različite komunikacione protokole, a svaki od tih protokola može imati specifična ograničenja u broju povezanih uređaja ili količini razmenjenih poruka. Ova ograničenja se mogu zaobići dodavanjem novih *Konektora* ili smanjivanjem površine regiona nad kojim je *Konektor* nadležan u gradu ukoliko broj uređaja po regionu naraste toliko da prevazilazi ograničenja protokola. U ovom radu korišćen je Mosquitto broker kao podrška za MQTT, mada se može koristiti bilo koji drugi broker.



Slika 45 Mapa grada Novi Pazar podeljena u četiri regiona, gde je svaki region pokriven jednom instancom IoT konektora

Performanse i količina podataka koja se razmenjuje između *SCO*-a i *Konektora* mogu varirati, a zavise i od same prirode *SCO*-a tako da je preporučljivo da se u procesu dizajniranja *SCO*-a od strane menadžera vodi računa o optimizaciji i štednji resursa. Na primer, ako menadžer definiše da *SCO* jedan isti događaj prijavi samo kada se prvi put detektuje, *SCO* neće proizvesti istu količinu podataka kao da isti događaj detektuje i prijavljuje svakog minuta ili sekunde. Na taj način broj poruka koji stigne do *Analizator* od *SCO*-a može biti u velikoj meri zavisano od prirode problema koji se rešava i veštine menadžera koji definiše *SCO*-ove.

Na *SCO*-ove se može gledati kao na lokalne donosiocje odluka, koji su nadležni nad manjim delom grada (npr., određena ulica ili tunel). Činjenica da će određeni *SCO* pratiti samo nekoliko izvora podataka i da će sa njima imati interakciju indirektno preko *Konektora*, utiče na to da *SCO*-ovi neće imati potrebu da prate sve dostupne podatke koji se koriste u B2S4B platformi već samo one relevantne. Na ovaj način se smanjuje potreba za visokim performansama hardvera na kome se pokreće *SCO* i smanjuje propusni opseg podataka u mreži što je pokazano u eksperimentima u Poglavlju 9.1.4.1. Ukoliko neki *SCO* ima potrebu za većim performansama, jednostavno se može instancirati na jačem serveru ili se kontejneru na kome je pokrenut može dodeliti više resursa istog računara.

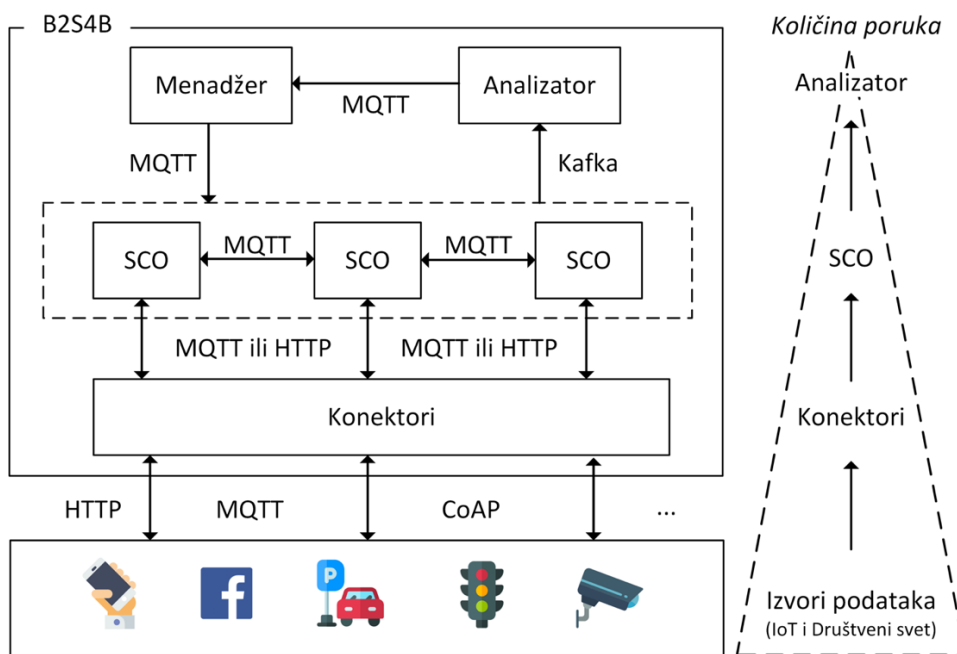
Kada je u pitanju donošenje odluka na nivou grada u B2S4B platformi, to je zadatak *Analizatora*, koji analizira *Događaje na nivou grada* koje dojavljaju svi dostupni *SCO*-ovi i time nadgleda dešavanja u celom gradu. Iako je broj *SCO*-ova koji je definisan u gradu poznat, nisu svi *SCO*-ovi aktivni u isto vreme, i svaki od njih ima određenu logiku u smislu detekcije događaja. Jedan *SCO* može detektovati događaj jednom u 10 minuta, dok drugi može detektovati jednom u sat vremena. Ovo u velikoj meri utiče na količinu poruka koje se šalju *Analizatoru* preko brokera poruka. Ukoliko *Analizator* nije u stanju da odgovori na potrebe pametnog grada zbog velikog obima poruka i ograničenja koje Kafka ima, Kafka-u je moguće horizontalno proširiti postavljanjem više klastera i brokera. U osnovi Kafka je namenjena za razmenu ogromnih količina podataka (milijardi poruka dnevno) što zavisi i od performansi sistema na kome se pokreće.

Tabela 25 prikazuje relacije između *IoT uređaja*, *Konektora*, *SCO*-a, *Analizatora* i *Menadžera* uključujući količinu razmenjenih podataka i protokole koji se koriste za komunikaciju u predstavljenim relacijama.

Tabela 25 Prikaz količine razmenjenih podataka (*IoT svet - IoT*, *Društveni svet - DS*, *Konektori - K*, *SCO - SCO*, *Analizator - A*, *Menadžer - M*)

Tok poruka	Količina podataka	Mrežni protokoli	Šta se prati?
IoT→K	Vrlo velika	MQTT, HTTP	Svi IoT uređaji sa kojima <i>IoT konektor</i> komunicira.
DS→K	Zavisi od aktivnosti korisnika (Mala-Velika)	HTTP	<i>Konektor</i> prati definisane aktivnosti na društvenim mrežama.
K→SCO	Velika	MQTT	<i>Konektori</i> definisani u <i>SCO</i> definiciji
SCO→K	Vrlo mala	HTTP	Samo specifični zahtevi koje <i>SCO</i> šalje <i>Konektoru</i> .
SCO→SCO	Vrlo mala	MQTT	<i>SCO</i> -ovi komuniciraju samo kada su deo <i>SCO lancu</i> .
SCO→K→IoT	Vrlo mala	MQTT	<i>SCO</i> šalje zahtev za rekonfiguraciju IoT uređaja.
SCO→K→DS	Vrlo mala	HTTP	<i>SCO</i> šalje zahtev za pokretanje kampanje na društvenim mrežama.
SCO→A	Mala	Kafka	<i>SCO</i> -ovi koji javlja događaje na nivou grada.
A→M	Vrlo mala	MQTT	<i>Analizator</i> koji šalje zahtev za adaptaciju <i>SCO definicija</i> .
M→SCO	Vrlo mala	MQTT	<i>Menadžer</i> koji pokreće ili zaustavlja <i>SCO</i> .

Slika 46 ilustruje smer kretanja podatka u B2S4B platformi, prikazuje protokole koji se koriste u interakcijama i očekivanu količinu podataka na osnovu Tabele 25.



Slika 46 Tok poruka u B2S4B platformi

Uzevši u obzir prethodno iznesene činjenice, vidimo da se količina podataka od *Izvora podataka (IoT svet|Društveni svet)* \rightarrow *Konektor*, *Konektor* \rightarrow *SCO*, i *SCO* \rightarrow *Analizator*, eksponencijalno smanjuje, pa *Analizator* ne dobija nepotrebne i nebitne podatke, već samo važne događaje.

Na ovaj način je opterećenje komponenta koji su donosioci odluka bilo na lokalnom ili gradskom nivou u značajnoj meri smanjen i olakšava postavljanje platforme u pametnom gradu.

10 Studija slučaja i evaluacija

Pametni grad treba da izvuče maksimum iz podataka prikupljenih preko društvenih mreža od ljudskih "senzora" kao i od IoT senzora, pa da na osnovu analize istih dozvoli kontrolisanu adaptaciju i rekonfiguraciju svojih poslovnih procesa. Svrha adaptacije poslovnih procesa je da obezbedi građanima najbolje servise blagovremenom reakcijom na novonastale okolnosti, što može biti vrlo korisno u neželjenim ili neplaniranim situacijama poput saobraćajnih gužvi i slično. B2S4B platforma daje odgovor na ove zahteve i može se koristiti kao važan alat u unapređivanju poslovnih procesa pametnog grada.

10.1 Motivacija

Grad Novi Pazar planira organizaciju koncerta lokalnih muzičkih zvezda za „Dan dijaspore“, ali nema informaciju kakav se odziv očekuje da bi prema tome na najefikasniji način organizovao događaj sa minimalnim remećenjem saobraćaja obezbeđujući blagovremene reakcije na osnovu realnog stanja. Obzirom da grad Novi Pazar nema velikih trgova i parking prostora zbog svog kulturno-istorijskog nasleđa kao i geografske lokacije, neophodno će biti zatvaranje ulica i promena režima saobraćaja da bi se obezbedili uslovi za održavanje velikih okupljanja. Zatvaranje većeg broja ulica od neophodnog, kao i prerano zatvaranje neophodnih ulica nije maksimalno efikasno, nepotrebno parališe grad i uzrokuje nezadovoljstvo građana. Stoga, grad Novi Pazar planira da donosi odluke zasnovano na prethodnoj analizi stvarnog stanja koristeći društvene mreže.

Grad Novi Pazar objavljuje kampanju na Facebook-u u kojoj najavljuje predstojeći koncert. Reakcije građana na promociju se prikupljaju, posmatraju i analiziraju sa ciljem analize emocija i interesovanja za najavljeni događaj. Pored toga grad je i najavio „događaj“ na Facebook-u gde građani mogu potvrditi svoje prisustvo. Na osnovu prethodnog iskustva u ispitivanju javnog mnjenja, poverenja u reakcije aktivnih građana, prikupljenih reakcija na objavlvenu kampanju kao i broja građana koji je najavio svoje prisustvo, grad Novi Pazar će dobiti preliminarnu sliku interesovanja za najavljeni događaj.

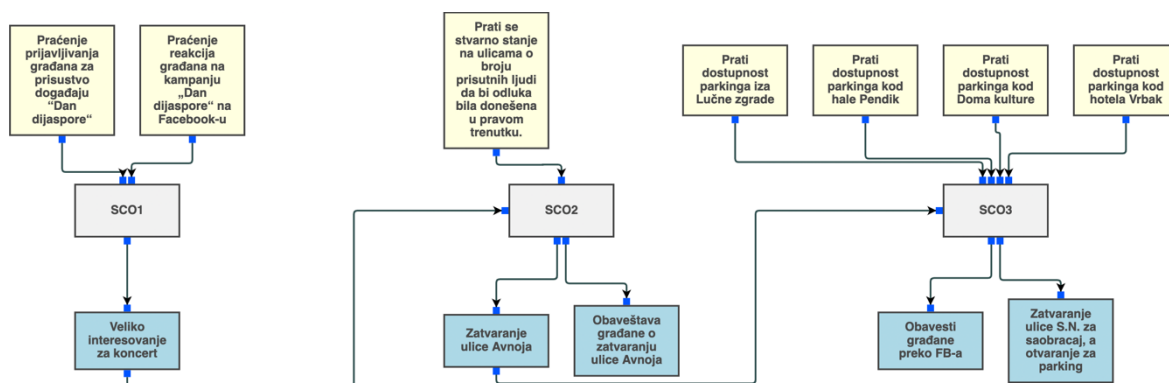
Informacija o detektovanom nivou interesovanja će biti korišćena u planiranju održavanja koncerta i odluci o potrebi zatvaranja ulice AVNOJ-a koja se nalazi u neposrednoj blizini mesta

održavanja koncerta. Da bi se izbeglo nepotrebno zatvaranje dodatnih ulica u centru grada pre okupljanja građana, grad Novi Pazar preko kamera za prebrojavanje okupljenih građana na mestu održavanja koncerta prati stvarno stanje pa se vreme zatvaranja ulice može prilagoditi.

Zatvaranje ulice AVNOJ-a je ujedno i indikator da je veće okupljanje detektovano pa pokreće praćenje okolnih parkinga par sati uoči koncerta. Grad Novi Pazar ima uvid u to da li su obezbeđeni uslovi da se građani koji su krenuli na koncert bezbedno okupe. Ukoliko se primeti da su svi parkinzi zauzeti, to može izazvati totalnu paralizu saobraćaja grada jer će vozila konstantno kružiti tražeći slobodan parking. Grad Novi Pazar želi da blagovremeno reaguje i automatizuje proces, pa ako primeti da nema slobodnih parkinga uoči koncerta, on će izmeniti režim saobraćaja zatvaranjem ulice Stevana Nemanje za saobraćaj i pretvaranjem iste u parking prostor. Građani će biti obavešteni o novom režimu saobraćaja i dostupnosti novih parkinga preko varijabilnih saobraćajnih znakova (Variable Message Sign – VMS) i društvenih mreža.

10.2 Definisane poslovnog procesa u vidu SCO lanca

Motivacija prezentovana u prethodnom poglavlju se može realizovati definisanjem poslovnog procesa grada Novog Pazara predstavljenim u vidu *SCO lanca* koji se sastoji od 3 *SCO*-a. Naravno, B2S4B je izuzetno fleksibilna platforma koja se može iskoristiti za izgradnju drugačijeg *SCO lanca* sa više ili manje uključenih *SCO*-ova, i odluka je subjektivna pa različiti autori mogu kreirati drugačija rešenja.



Slika 47 SCO lanac koji se sastoji od SCO1, SCO2 i SCO3

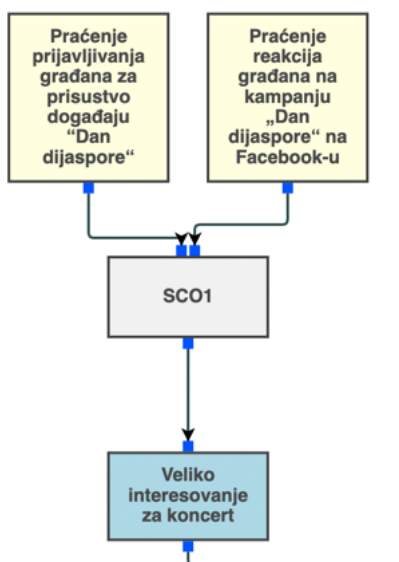
Na Slici 47 se nalazi grafički prikaz *SCO lanca* koji se automatski generiše na osnovu *SCO definicija* za sva tri *SCO*-a pojedinačno. Dijagram je kreiran koristeći GoJS²³ JavaScript

²³ <https://github.com/NorthwoodsSoftware/GoJS>

biblioteku za izradu dijagrama, gde se u žutim pravougaonicima nalaze moduli *Detektor događaja*, a u plavim moduli *Pokretač akcija*.

Veza između SCO-ova se definiše tako što svaki naredni SCO prati ishod akcije prethodnog SCO-a, koja se posmatra kao izvor podataka, odnosno događaj. U daljem tekstu su predstavljeni pomenuti SCO-ovi pojedinačno odgovarajući na pitanja koja se koriste u procesu dizajniranja SCO-a pomenuta u Poglavlju 7, a predstavljene su formalne specifikacije sva tri SCO-a.

10.2.1 SCO₁



Slika 48 Grafički prikaz SCO₁

Grafička prezentacija SCO₁ sa njegovim modulima za detekciju događaja i izvršavanje akcija je predstavljena na Slici 48. Svrha ovog SCO-a je testiranje interesovanja građana za predstojeći koncert mladih izvođača za "Dan dijaspore" koji će se održati 22.07.2022. U daljem tekstu je detaljnije pojašnjen SCO₁, a formalna *SCO definicija* za SCO₁ je prikazana u Prilogu (Listing 4).

Koje izvore podataka treba pratiti?

Prijavljivanje građana za prisustvo „događaju“ preko Facebook-a (eng. Check-ins), kao i reakcije na objavljenu kampanju grada o najavi održavanja pomenutog koncerta.

U kom vremenskom intervalu treba prikupljati podatke?

Mesec dana pre koncerta, od 22.06.2022 do 22.07.2022.

Koji događaji se očekuju?

Praćenjem broja prijavljenih građana za prisustvo događaju “Dan dijaspore“ preko Facebook-a, očekuju se sledeći događaji:

- “**slab odziv za dolazak na koncert**” za vrednosti 0-500,
- “**umeren odziv za dolazak na koncert**” za vrednosti 500-2000, i
- “**visok odziv za dolazak na koncert**” za vrednosti preko 2000.

Praćenjem reakcija građana na kampanju „Dan dijaspore“ na Facebook-u kreira se društveni tok na kome se primenjuje izračunavanje *Kumulativnog ishoda* (detaljno pojašnjen u Poglavlju 5.1.3). Na osnovu rezultata *Kumulativnog ishoda* sistem zna da li kampanja privlači interesovanje građana u vidu reakcija poput komentara, odgovore na komentare, i slično. Što je veća vrednost, to su reakcije pozitivnije.

Očekuju se sledeći događaji:

- “**slabe reakcije na kampanju najave koncerta**” za vrednosti 0-50,
- “**umerene reakcije na kampanju najave koncerta**” za vrednosti 50-200, i
- “**odlične reakcije na kampanju najave koncerta**” za vrednosti iznad 200

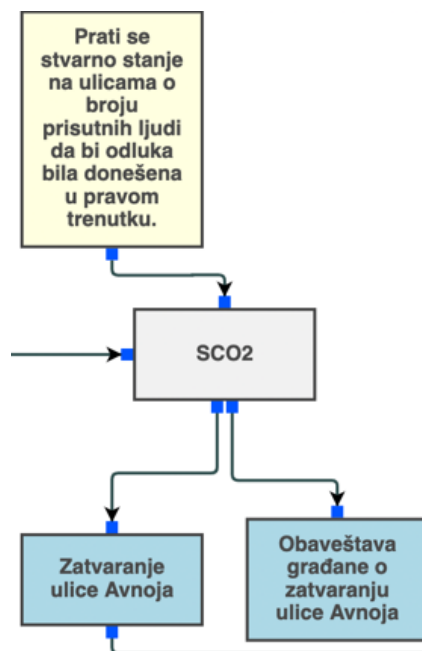
Kako reagovati na osnovu detektovanih događaja?

Detektovanjem događaja koji ukazuju na visoke vrednosti prikupljene sa oba praćena izvora (visok odziv za dolazak na koncert i odlične reakcije na kampanju najave koncerta), SCO₁ zaključuje da je u pitanju veliko interesovanje za koncert pa će taj događaj objaviti u vidu akcije koja je ujedno i događaj pod imenom "Veliko interesovanje za koncert". Bilo koji SCO može biti pretplaćen na očekivanje ovog događaja, a u ovom slučaju to je SCO₂.

10.2.2 SCO₂

Grafička prezentacija SCO₂ sa njegovim modulima za detekciju događaja i izvršavanje akcija je predstavljena na Slici 49. Svrha ovog SCO-a je priprema koncerta na osnovu analize javnog mnjenja i blagovremena i optimalna reakcija izbegavanjem preuranjenih modifikacija

saobraćaja i nepotrebnih blokada ulica. U daljem tekstu je detaljnije pojašnjen SCO_2 , a formalna *SCO* definicija za SCO_2 je prikazana u Prilogu (Listing 5).



Slika 49 Grafički prikaz SCO_2

Koje izvore podataka treba pratiti?

Prati se signal sa SCO_1 o tome kakvo se interesovanje na zakazani događaj očekuje, na osnovu koga se mogu doneti inicijalne odluke o zatvaranju određenih ulica (u ovom primeru SCO_1 prijavljuje samo veliko interesovanje ukoliko je detektovano). Pored toga, prati se i stvarno stanje na ulicama praćenjem kamera koje detektuju broj prisutnih ljudi da bi odluka bila donesena u pravom trenutku.

U kom vremenskom intervalu treba prikupljati podatke?

SCO_2 prati podatke na dan održavanja koncerta, a to je 22.07.2022. godine.

Koji događaji se očekuju?

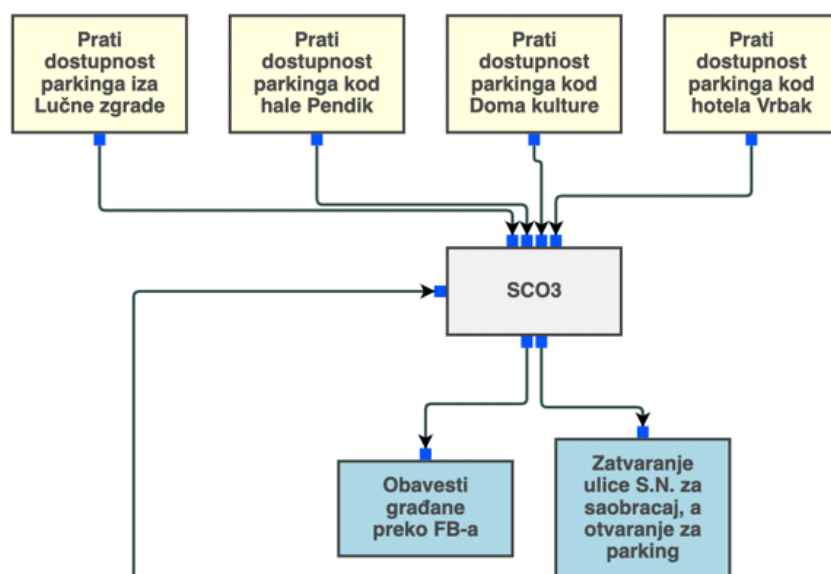
Praćenjem broja okupljenih građana na mestu održavanja koncerta očekuju se sledeći događaji:

- „slabo okupljanje građana“ – za vrednosti od 0-200
- „umereno okupljanje“ – za vrednosti od 200-500
- „masovno okupljanje građana“ – za vrednosti veće od 500

Kako reagovati na osnovu detektovanih događaja?

Kada SCO₂ dobije informaciju da je detektovano "veliko interesovanje za koncert" analizom društvenih mreža na strani SCO₁, i detektuje "masovno okupljanje građana" koje je aktuelno u poslednjih pola sata analizom kamera za detekciju broja građana pokreće dve akcije. Jedna akcija se odnosi na promenu saobraćaja zatvaranjem ulice AVNOJ-a. SCO₂ će pokrenuti rekonfiguraciju semafora preko *IoT konektora*. Uporedo sa ovom akcijom biće objavljeno obaveštenje o zatvaranju iste ulice preko *Društvenog konektora* na društvenoj mreži Facebook.

10.2.3 SCO₃



Slika 50 Grafički prikaz SCO₃

Grafička prezentacija SCO₃ sa njegovim modulima *Detektor događaja* i *Pokretač akcija* je predstavljena na Slici 50. Svrha ovog SCO-a je rešavanje saobraćajnih gužvi otvaranjem novih parkinga i promena režima saobraćaja na osnovu realnog stanja. Očekuje se promena režima saobraćaja otvaranjem novih parkinga i obaveštavanje građana o istom. U daljem tekstu je detaljnije pojašnjen SCO₃, a njegova formalna *SCO definicija* je prikazana u Prilogu (Listing 6).

Koje izvore podataka treba pratiti?

Prate se događaji prijavljeni od strane SCO₂ o tome da li je Ulica AVNOJ-a zatvorena za

saobraćaj, kao i stanje na četiri okolna parkinga (parking iza Lučne zgrade, parking kod hotela Vrbaka, parking kod hale Pendik i parking kod Doma kulture).

U kom vremenskom intervalu treba prikupljati podatke?

Par sati pre koncerta.

Koji događaji se očekuju?

Očekivani događaji na svakom od praćenih parkinga

- „slobodan parking“ – za broj slobodnih mesta od 0 na više
- „nema mesta na parkingu [IMEPARKINGA]“ – ako je broj slobodnih mesta 0, gde se IMEPARKINGA menja sa jednim od 4 praćena parkinga.

Kako reagovati na osnovu detektovanih događaja?

Kada SCO₃ dobije informaciju od SCO₂ da je u poslednjih 24 sata ulica AVNOJ-a zatvorena i kada detektuje da nema slobodnih parkinga na četiri praćenja parking placa u gradu pokreće dve akcije. Prva je zatvaranje saobraćaja u ulici Stevana Nemanje i njena transformacija u parking, a druga je obaveštavanje građana putem društvene mreže Facebook o novonastalom parkingu.

10.3 Evaluacija SCO lanca

10.3.1 Simulator podataka

Obzirom na kompleksnost sistema i veliki broj činilaca koji su uključeni, praćenje stvarnih podataka (npr. kampanje na Facebook-u) bi uzelo mnogo vremena za potrebe testiranja sistema, naročito u slučajevima gde treba ponoviti scenario ili testirati slične slučajeve sa varijacijama. Stoga je napravljen simulator oba izvora podataka, *IoT uređaja* i *Društvenih mreža*, koji omogućava dinamičku promenu vrednosti pojedinačnih izvora (Slika 51). Simulirani su izvori iz društvenog sveta uključujući broj prijavljenih za prisustvo koncertu kao i *Globalni ishod* kampanje, kao i izvori sa IoT sveta koji uključuju senzore broja okupljenih osoba na mestu održavanja koncerta i senzore dostupnosti parking mesta na četiri parking prostora.

Smart City Home

IoT and Social connector simulation

IoT Connector Social Connector Map

PARKING VRBAK	PARKING MARKET	PARKING CENTAR	PARKING SPORT
<input checked="" type="radio"/> On <input type="radio"/> Off <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>	<input checked="" type="radio"/> On <input type="radio"/> Off <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>	<input checked="" type="radio"/> On <input type="radio"/> Off <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>	<input checked="" type="radio"/> On <input type="radio"/> Off <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>
Availability: 20 places free	Availability: 20 places free	Availability: 20 places free	Availability: 20 places free
Report time: 8:04:21	Report time: 8:04:21	Report time: 8:04:21	Report time: 8:04:21
AVNOJ STREET	AVNOJ 1. MAJ	STREET STEVANA NEMANJE	STREET 37. SANDZACKE
<input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/> <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>	<input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/> <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>	<input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/> <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>	<input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/> <input type="button" value="Increase"/> <input type="button" value="Decrease"/>
Speed: 23 km/h	Speed: 40 km/h	Speed: 40 km/h	Speed: 40 km/h
Crowd: 16 people	Crowd: 40 people	Crowd: 40 people	Crowd: 40 people
Car speed: 23 km/h	Car speed: 40 km/h	Car speed: 40 km/h	Car speed: 40 km/h
Number of people: 16 people	Number of people: 40 people	Number of people: 40 people	Number of people: 40 people
Report time: 8:04:22	Report time: 8:04:22	Report time: 8:04:22	Report time: 8:04:22

All messages exchanged

MQTT connection: Connected to wss://b2s4b.connect.rs:9001/mqtt

```

/city/crowd/status = {"origin": "crowd", "id": 4, "location": "37-sandzacke", "value": "40", "status": "on", "time": "2023-01-08 08:04:22.176239"}
/city/crowd/status = {"origin": "crowd", "id": 3, "location": "stevana-nemanje", "value": "40", "status": "on", "time": "2023-01-08 08:04:22.176239"}
/city/crowd/status = {"origin": "crowd", "id": 2, "location": "1-maj", "value": "40", "status": "on", "time": "2023-01-08 08:04:22.176239"}
/city/crowd/status = {"origin": "crowd", "id": 1, "location": "avnoja", "value": "16", "status": "on", "time": "2023-01-08 08:04:22.176239"}
/city/street/status = {"origin": "street", "id": 4, "location": "37-sandzacke", "value": "40", "status": "on", "time": "2023-01-08 08:04:22.176239"}
/city/street/status = {"origin": "street", "id": 3, "location": "stevana-nemanje", "value": "40", "status": "on", "time": "2023-01-08 08:04:22.176239"}
    
```

Slika 51 Radna površina za kontrolu simulatora izvora podataka

Simulacija IoT izvora podataka je implementirana u Python-u, izvršava se na udaljenom Linux serveru, i svake sekunde proizvodi podatke za svaki simulirani izvor i objavljuje preko MQTT protokola u definisanom formatu. Vrednosti koje simulator objavljuje su vidljive na radnoj površini simulatora koja obezbeđuje prikaz promena na simuliranim izvorima podataka u realnom vremenu koristeći JavaScript, JavaScript biblioteku Paho MQTT²⁴, HTML i CSS. Pored prikaza, ova radna površina omogućava dinamičnu promenu vrednosti pojedinačnih izvora, što utiče na SCO-ove koji su pretplaćeni na iste i olakšava testiranje različitih scenarija.

Simulacija društvenih mreža je implementirana kreiranjem REpresentational State Transfer (REST) API-a koristeći PHP na pomenutom Linux serveru, gde se vrednosti čuvaju u MongoDB bazi podataka. Radna površina šalje post zahtev REST servisu, koji kreira upit MongoDB-u i vraća vrednost. Ona takođe omogućava dinamičku promenu vrednosti uz pomoć JavaScript-a.

Simulirani podaci su u formatu koji je potreban *Konektorima* bilo društvenim ili IoT, i ni u čemu se ne razlikuje od podataka koji bi stvarno bili generisani.

²⁴ <https://www.eclipse.org/paho>

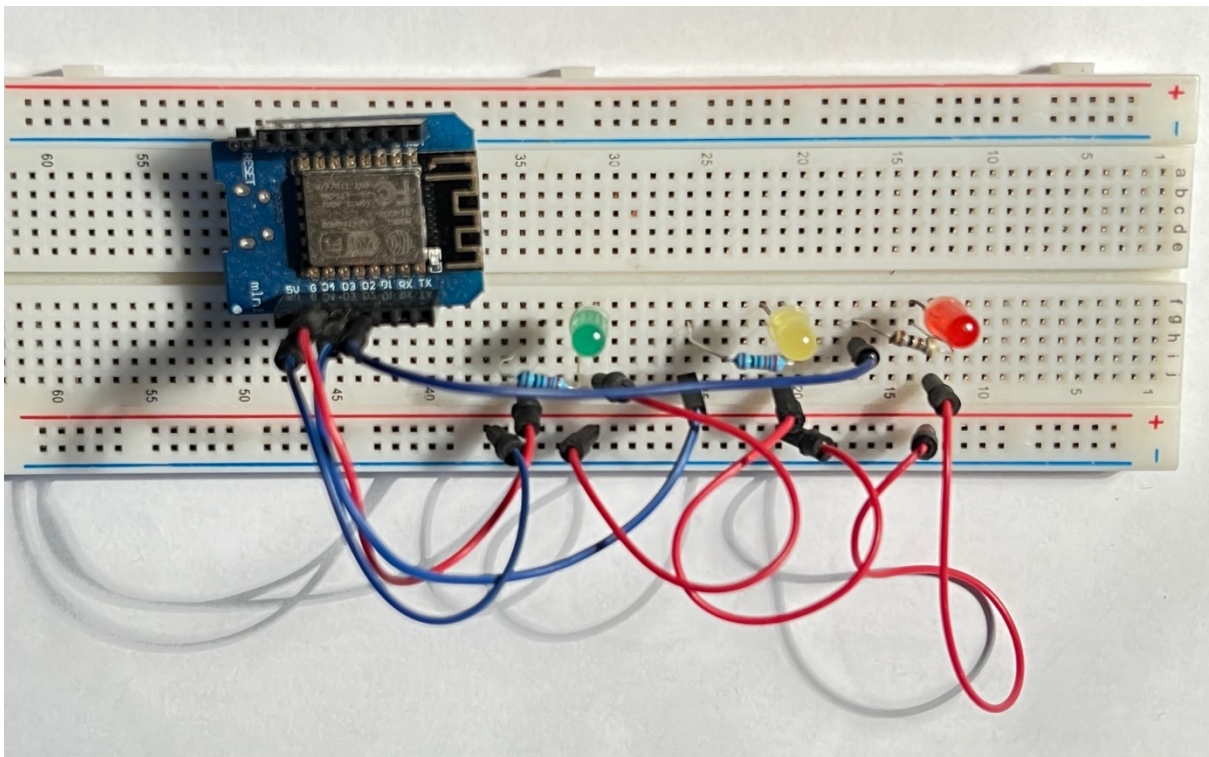
10.3.2 Eksperimentalna evaluacija

U primeru *SCO lanca* koji je predstavljen u prethodnom poglavlju postoje 3 *SCO*-a. Sva tri *SCO*-a su pokrenuta u svojim Docker kontejnerima i obzirom da su u *SCO lancu*, iako su instancirani nisu svi aktivni u isto vreme već se izvršavaju jedan za drugim. Aktiviranje narednog *SCO*-a u *SCO lancu* omogućava mu da otpočne sa praćenjem podataka i ujedno je verifikacija uspešno obavljenog posla od strane prethodnog *SCO*-a. Ulazni podaci na koje su *SCO*-ovi pretplaćeni su vidljivi na radnoj površini simulatora u obrađenom i JSON formatu. Istorija detektovanih događaja za svaki *SCO* se može pratiti nadgledanjem logova u kontejneru, a u ovom eksperimentu posebna pažnja se posvećuje izlazima, odnosno pokrenutim akcijama jer se one manifestuju rekonfiguracijom uređaja ili pokretanjem narednog *SCO*-a. U daljem tekstu su predstavljena opažanja za svaki *SCO* pojedinačno.

- *SCO*₁ nakon detekcije objavljuje događaj *Veliko interesovanje za događaj* na koji je pretplaćen *SCO*₂. On ne utiče na spoljašnji svet rekonfiguracijom uređaja ili objavljivanjem na društvenim mrežama. Njegova jedina uloga je da aktivira *SCO*₂ koji počinje sa radom kada primi informaciju o detektovanom događaju.
- *SCO*₂ može da izvrši dve akcije nad spoljašnjim svetom, i to da menja saobraćaj zatvaranjem ulice AVNOJ-a, kao i da objavljuje obaveštenje o zatvaranju iste ulice preko *Društvenog konektora* na društvenoj mreži Facebook. Za promenu saobraćaja u ulici AVNOJ-a u ovom eksperimentu simuliran je semafor koristeći Wemos D1 mini povezan sa tri led sijalice (Slika 52). Da bi bila omogućena rekonfiguracija semafora kreirane su skripte za gašenje saobraćaja i postavljene na *IoT konektor*. Pokretanjem akcije "Zatvaranje ulice AVNOJ-a" Wemos D1 mini koji ima ID 4540533 dobija informaciju da treba da preuzme kod za rekonfiguraciju sa *IoT konektora* pod ID-om 36 (Slika 28), kao što je i naznačeno u Listingu 5 na linijama 161-176. IoT uređaj preuzima kod i uređaj počinje sa radom po definisanom planu. Ova akcija je ujedno i signal za *SCO*₃ da može početi sa radom. Paralelno sa zatvaranjem ulice se vrši i objavljivanje obaveštenja na Facebook-u preko *Društvenog konektora* kako je naznačeno u Listingu 5 na linijama 202-213.
- *SCO*₃ može pokrenuti dve akcije i to zatvaranje saobraćaja u ulici Stevana Nemanje, kao i obaveštavanje građana putem društvene mreže Facebook o novonastalom parkingu u toj ulici. Zatvaranje ulice Stevana Nemanje je implementirano koristeći NodeMCU Lolin mikrokontroler sa ID-om 4540533 koji je povezan sa led sijalicama

koje simuliraju semafor. On dobija informaciju da treba da preuzme rekonfiguracioni kod pod ID-om 36 (isti kod koji je korišćen i za zatvaranje AVNOJ-a ulice) što je prikazano u Listingu 6 na linijama 395-410.

Praćenjem led sijalica pomenutih IoT uređaja, nadgledanjem Facebook stranice gde se objavljuju statusi i menjanjem parametara u simulatoru možemo lako potvrditi efikasnost implementiranog sistema, a pojedinačno ponašanje svakog SCO-a se može pratiti analizom logova u kontejneru gde se izvršava.



Slika 52 Simulacija semafora sa Wemos D1 mini mikrokontrolerom

11 ZAKLJUČAK

11.1 Rezime istraživanja

Pametni grad treba da obezbedi svojim građanima nesmetano korišćenje gradskih servisa, koristeći sve savremene vidove komunikacije i dostupna sredstva. U ovom radu je predstavljena B2S4B platforma sa ciljem da bude od pomoći pametnom gradu da iskoristi pun potencijal i Društvenog i IoT sveta. Srce B2S4B platforme su Smart City Observeri (SCO) koji imaju zadatak da detektuju događaje u podacima prikupljenim u društvenom i IoT svetu (domenu) i da izvršavaju definisane akcije. Cilj je da pametni grad bude "prekriven" velikim brojem specijalizovanih SCO-a koji će imati različite zadatke i zaduženja. Ovi SCO-ovi mogu biti međusobno povezani u *SCO lanac*, koji je u suštini poslovni proces, pa je stoga svaki poslovni proces moguće razložiti u SCO-ove postavljanjem pitanja „koji izvori podataka se prate?“, „koliko dugo?“ , „komi se događaji očekuju“ i „kako reagovati nakon detekcije događaja“. Događaji koje SCO detektuje i akcije koje izvrši su lokalno sačuvani na SCO-u i trajaće dok SCO bude aktivan. Događaji se takođe globalno objavljuju u vidu *Događaja na nivou grada* i dostupni su za analizu B2S4B platformi. Da bi brzo i jednostavno instanciranje SCO-ova bilo moguće, uvedena je *SCO definicija*. U pitanju je izmenjiv, deljiv i proširiv šablon SCO-a u formi JSON-a na osnovu kojeg se instanciraju SCO-ovi. *SCO definiciju* je moguće napraviti na osnovu definisane šeme kao i specijalizovanog alata za razvoj *SCO definicija* koji se zove *SCO dizajner*. *SCO definicije* se mogu grafički predstaviti dijagramom kao i *SCO lanac* u okviru *SCO dizajnera*. SCO-ovi nemaju direktan pristup IoT svetu (senzorima i aktuatorima) niti društvenom svetu (društvenim medijima, aplikacijama namenjenim građanima), već im pristupaju indirektno preko *Konektora* (Društvenih i IoT). *Konektori* su samostalni servisi, čiji životni vek nije povezan sa životnim vekom SCO-a, pa tako mogu opsluživati više SCO-a paralelno. *Konektori* su specijalizovani servisi, pa stoga može biti razvijeno više *Konektora* sa različitim namenama. Tako su u ovom radu predstavljena dva *Konektora* i to *Društveni konektor* (Social Miner - Facebook) i *IoT konektor* (*Konektor* za esp8266 bazirane mikrokontrolere). *Društveni konektor* omogućava menadžerima da vrše interakciju sa građanima preko Facebook strane pametnog grada. Prikupljene podatke je moguće analizirati izgradnjom društvenog toka i primenom metrika za merenje društvenih tokova, kao i primenom dodatnih metrika za analizu prikupljenih podataka van konteksta društvenih tokova. *IoT konektor* je alat koji omogućava menadžeru da upravlja IoT uređajima baziranim na ESP8266

čipu sa mogućnošću da menja način izvršavanja softvera na tim uređajima. U tu svrhu je razvijen open-source softver koji je potrebno postaviti na uređaje da bi bili povezani na *IoT konektor*. Nakon konfigurisanja uređaja, inženjer jednostavno može definisati pravila koja će omogućiti rekonfiguraciju uređaja kada se ispune određeni uslovi.

Poseban deo B2S4B platforme čini *Analizator* koji ima svrhu da analizira *Događaje na nivou grada* (kompleksne događaje i šireg prostorno-vremenskog domena) i proverava pravila definisana u repozitorijumu *Znanje* sa ciljem detekcije novih događaja na višem nivou. Analogija *Analizatoru* i *SCO*-u u domenu gradova su različiti nivoi dozvola, gde je *SCO* upravlja određenim manjim geografskim prostorom i ima manja ovlašćenja, a *Analizator* je neko ko donosi odluke koje imaju veći uticaj na pametni grad.

U ovom radu su predstavljeni eksperimenti koji se odnose na *Konektore* i *SCO*.

11.2 Pravci daljeg istraživanja i razvoja

Obzirom da je B2S4B platforma sastavljena od samostalnih servisa, dalji razvoj i unapređenja platforme se mogu posmatrati odvojeno za svaki deo platforme kao i u celosti. Platforma se može unaprediti uvođenjem novih izvora podataka, prateći svetske trendove i interesovanje građana. Kada su *Društveni konektori* u pitanju, pravci daljeg istraživanja mogu obuhvatiti razvoj dodatnih metrika za analizu prikupljenih podataka, kao i razvoj dodatnih *Konektora* za popularne društvene mreže koje se zasnivaju na drugačijim sadržajima od onih koji se prikupljaju sa Facebook-a. Sa druge strane *IoT konektori* mogu uključivati druge vrste uređaja pored mikrokontrolera, mogu omogućivati njihovu federaciju, saradnju, kao i da uređaji sami mogu biti inicijatori pokretanja *SCO*-a, ne samo menadžeri.

U ovom radu u procesu rekonfiguracije izmena *SCO definicija* se vrši ručno od strane BP inženjera, pa kada *Analizator* treba da pokrene automatsku rekonfiguraciju, on odabere drugu, postojeću *SCO definiciju*, koja će zameniti željenu u *SCO lancu*. Moguća unapređenja po pitanju *SCO definicija* uključuju uvođenje automatske adaptacije ili izgradnje *SCO definicija* i prilagođavanje potrebama poslovnog procesa na osnovu analize uspešnosti prethodno aktivnih *SCO*-a koji su upravljali sličnim procesima i okolnostima. Posmatranjem prethodno aktivnih *SCO*-a bi se mogla pratiti njihova uspešnost i to da li su ispunili očekivanja, pa se *SCO definicije* mogu evaluirati i može se naznačiti koji aspekti tih definicija su bili učinkoviti, a koji ne, koja pravila su bolja od drugih. Uvođenjem mašinskog učenja bi se mogli doneti zaključci o tome kako je moguće unaprediti postojeće *SCO definicije*, kako definisati događaje, koji

dogadjaji se očekuju na osnovu odabranih izvora podataka i koji su pragovi za njihovu detekciju na osnovu pređašnjeg iskustva. Takođe je moguće automatsko predlaganje akcija koje se mogu izvršiti u *SCO*-u na osnovu konteksta u kome se pokreće *SCO*.

Trenutni pristup definisanju *SCO lanca* uključuje ručno definisanje svakog *SCO*-a i mapiranje postojećih poslovnih procesa na *SCO lanac*. Iako je u ovom radu taj pristup dokazan kao uspešan, moguće ga je unaprediti uvođenjem automatskog generisanja *SCO lanca* na osnovu postojeće definicije poslovnog procesa u vidu BPMN dijagrama.

LITERATURA

8.4 Billion Connected Things Will be in Use 2017. (2017, February 7). Gartner. Retrieved September 19, 2022, from <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>

Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3-9.

Aggarwal, C. C. (2011). An introduction to social network data analytics. In *Social network data analytics* (pp. 1-15). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3_1.

Aggarwal, K., Kapoor, K., & Srivastava, J. (2017). Data mining techniques for social networks analysis. *Journal: Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining*, 1-11. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7131-2_56.

Al Rasyid, M. U. H., Mubarrok, M. H., & Hasim, J. A. N. (2020). Implementation of environmental monitoring based on KAA IoT platform. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(6), 2578-2587.

Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE communications surveys & tutorials*, 17(4), 2347-2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>.

Aladwani, A. M. (2015). Facilitators, characteristics, and impacts of Twitter use: Theoretical analysis and empirical illustration. *International Journal of Information Management*, 35(1), 15-25. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2014.09.003>.

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of urban technology*, 22(1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>.

Almgren, K., Kim, M., & Lee, J. (2017). Extracting knowledge from the geometric shape of social network data using topological data analysis. *Entropy*, 19(7), 360. <https://doi.org/10.3390/e19070360>.

Alusi, A., Eccles, R. G., Edmondson, A. C., & Zuzul, T. (2011). Sustainable cities: oxymoron or the shape of the future?. *Harvard Business School Organizational Behavior Unit Working Paper*, (11-062), 11-062. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1726484>.

Anastasi, G., Antonelli, M., Bechini, A., Brienza, S., D'Andrea, E., De Guglielmo, D., ... & Segatori, A. (2013, October). Urban and social sensing for sustainable mobility in smart cities. In *2013 Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT)* (pp. 1-4). IEEE.

Aoun, C. (2013). The smart city cornerstone: Urban efficiency. *Schneider Electric White Paper*, 1, 1-13.

Apolinarski, W., Iqbal, U., & Parreira, J. X. (2014, March). The GAMBAS middleware and SDK for smart city applications. In *2014 IEEE International conference on pervasive computing and communication workshops (PERCOM WORKSHOPS)* (pp. 117-122). IEEE.

Araujo, V., Mitra, K., Saguna, S. & Åhlund, C. (2019). Performance evaluation of FIWARE: A cloud-based IoT platform for smart cities, *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 132, 250-261.

- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' thing. *RFID journal*, 22(7), 97-114.
- Atzori, L., Davide C., and Antonio I. (2014). Smart Things in the Social Loop: Paradigms, Technologies, and Potentials. *Ad Hoc Networks*, 18, 121–132. <https://doi.org/10.1016/J.ADHOCA.2013.03.012>.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>.
- Baker, T., Ugljanin, E., Faci, N., Sellami, M., Maamar, Z., & Kajan, E. (2018). Everything as a resource: Foundations and illustration through Internet-of-things. *Computers in industry*, 94, 62-74.
- Barnes, J. A. (1954). Class and committees in a Norwegian island parish. *Human relations*, 7(1), 39-58. <https://doi.org/10.1177/001872675400700102>.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>.
- Bauman, K., Tuzhilin, A., & Zaczynski, R. (2017). Using social sensors for detecting emergency events: a case of power outages in the electrical utility industry. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 8(2-3), 1-20. <https://doi.org/10.1145/3052931>.
- Benedikt, O. (2016). The valuable citizens of smart cities: The case of Songdo City. *Graduate Journal of Social Science*, 12(2).
- Berntzen, L., & Johannessen, M. R. (2016). The role of citizen participation in municipal smart city projects: Lessons learned from Norway. In *Smarter as the new urban agenda* (pp. 299-314). Springer, Cham, 11. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17620-8_16.
- Berntzen, L., Johannessen, M. R., Böhm, S., Weber, C., & Morales, R. (2018). Citizens as sensors: Human sensors as a smart city data source. In *SMART 2018-The Seventh International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies*. (pp. 11-18). <https://openarchive.usn.no/usn-xmlui/handle/11250/2682135>.
- Bhardwaj, S., Jain, L., & Jain, S. (2010). Cloud computing: A study of infrastructure as a service (IAAS). *International Journal of engineering and information Technology*, 2(1), 60-63.
- Bianchini, D., Antonellis, V. D., Melchiori, M., Bellagente, P., & Rinaldi, S. (2017). Data management challenges for smart living. In *Cloud Infrastructures, Services, and IoT Systems for Smart Cities* (pp. 131-137). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67636-4_15/COVER/.
- Boniface, M., Nasser, B., Papay, J., Phillips, S. C., Servin, A., Yang, X., ... & Kyriazis, D. (2010, May). Platform-as-a-service architecture for real-time quality of service management in clouds. In *2010 Fifth International Conference on Internet and Web Applications and Services* (pp. 155-160). IEEE.
- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., & Addepalli, S. (2012). Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing* (pp. 13-16). <https://doi.org/10.1145/2342509>.
- Brutti, A., Sabbata, P. D., Frascella, A., Gessa, N., Ianniello, R., Novelli, C., Pizzuti S., & Ponti, G. (2019). Smart city platform specification: A modular approach to achieve interoperability in smart cities. In *The internet of things for smart urban ecosystems* (pp. 25-50). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96550-5_2/COVER/.

- Buregio, V., Maamar, Z., & Meira, S. (2015). An architecture and guiding framework for the social enterprise. *IEEE Internet Computing*, 19(1), 64-68. <https://doi.org/10.1109/MIC.2014.85>.
- Buyya, R., Yeo, C. S., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation computer systems*, 25(6), 599-616. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2008.12.001>.
- Caragliu, A., Chiara, D.B., & Peter Nijkamp. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 16(2), 65-82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>.
- Carter, D. (2013). Urban regeneration, digital development strategies and the knowledge economy: Manchester case study. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 169-189. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0086-7>.
- Chamoso, P., González-Briones, A., De La Prieta, F., Venyagamoorthy, G. K., & Corchado, J. M. (2020). Smart city as a distributed platform: Toward a system for citizen-oriented management. *Computer communications*, 152, 323-332. <https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2020.01.059>.
- Cheng, B., Longo, S., Cirillo, F., Bauer, M., & Kovacs, E. (2015). Building a big data platform for smart cities: Experience and lessons from santander. In *2015 IEEE International Congress on Big Data* (pp. 592-599). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BIGDATAACONGRESS.2015.91>.
- Cirillo, F., Solmaz, G., Berz, E. L., Bauer, M., Cheng, B., & Kovacs, E. (2019). A standard-based open source IoT platform: FIWARE. *IEEE Internet of Things Magazine*, 2(3), 12-18. <https://doi.org/10.1109/IOTM.0001.1800022>.
- City of the Future: Songdo, South Korea | The Network. (n.d.) Retrieved April 8, 2019. from <https://newsroom.cisco.com/songdo>.
- Clarke, R. Y. (2013). Smart Cities and the Internet of Everything: The Foundation for Delivering next-Generation Citizen Services. *IDC Government Insights*, Technical Report. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/scc/ioe_citizen_svcs_white_paper_idc_2013.pdf
- Cocchia, A. (2014). Smart and digital city: A systematic literature review. *Smart city*, 13-43. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3>.
- Coe, A., Paquet, G., & Roy, J. (2001). E-governance and smart communities: a social learning challenge. *Social science computer review*, 19(1), 80-93. <https://doi.org/10.1177/089443930101900107>.
- Cohen, B.. (2012). The Top 10 Smart Cities On The Planet. *Fast Company*. <http://www.fastcoexist.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>.
- Company Info | About Facebook*. (n.d.) Retrieved September 16, 2022. from <https://about.facebook.com/company-info/>.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.
- Cugurullo, F. (2013). How to build a sandcastle: An analysis of the genesis and development of Masdar City. *Journal of Urban Technology*, 20(1), 23-37. <https://doi.org/10.1080/10630732.2012.735105>.
- Cusumano, M. (2010). Cloud computing and SaaS as new computing platforms. *Communications of the ACM*, 53(4), 27-29.

Dameri, R. P., & Cocchia, A. (2013). Smart city and digital city: twenty years of terminology evolution. In *X Conference of the Italian Chapter of AIS, ITAIS* (Vol. 1, No. 8).

Dastjerdi, A. V., Gupta, H., Calheiros, R. N., Ghosh, S. K., & Buyya, R. (2016). Fog computing: Principles, architectures, and applications. In *Internet of things* (pp. 61-75). Morgan Kaufmann. <https://arxiv.org/abs/1601.02752v2>.

Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The new industrial engineering: information technology and business process redesign. *Sloan Management Review*, *31*, 11-27.

Decker, K. S., & Lesser, V. R. (1992). Generalizing the partial global planning algorithm. *International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems*, *1*(02), 319-346. <https://doi.org/10.1142/S0218215792000222>.

Deloitte. (2015). Smart Cities Report: How Rapid Advances in Technology Are Reshaping Our Economy and Society. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/tr/en/pages/public-sector/articles/smart-cities.html>

Demchenko, Y., Grosso, P., De Laat, C., & Membrey, P. (2013, May). Addressing big data issues in scientific data infrastructure. In *2013 International conference on collaboration technologies and systems (CTS)* (pp. 48-55). IEEE.

Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C., & Restrepo, A. (2011). Urban world: Mapping the economic power of cities. *McKinsey Global Institute*, *62*.

Dolev, S. (2000). *Self-stabilization*. MIT press.

Doran, D., Gokhale, S., & Dagnino, A. (2013). Human sensing for smart cities. In *Proceedings of the 2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining* (pp. 1323-1330). <https://doi.org/10.1145/2492517.2500240>.

Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., & Safina, L. (2017). Microservices: yesterday, today, and tomorrow. *Present and ulterior software engineering*, 195-216. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67425-4_12.

Duan, Y., Fu, G., Zhou, N., Sun, X., Narendra, N. C., & Hu, B. (2015, June). Everything as a service (XaaS) on the cloud: origins, current and future trends. In *2015 IEEE 8th International Conference on Cloud Computing* (pp. 621-628). IEEE.

Dunkels, A., & Vasseur JP. (2008). IP for Smart Objects. Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) Alliance. White Paper. *Ipsa Alliance White Paper*. <http://dunkels.com/adam/dunkels08ipso.pdf>

Ebrahim, Z., & Irani, Z. (2005). E-government adoption: architecture and barriers. *Business process management journal*. *11*(5), 589-611. <https://doi.org/10.1108/14637150510619902>.

Edison, A., & Jiji, C. V. (2017). Optical acceleration for motion description in videos. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 39-47).

EPoSS. (2008). Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. *Rfid Working Group of the European Technology Platform on Smart Systems Integration (Eposs)*. https://docbox.etsi.org/erm/Open/CERP%2020080609-10/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v1-1.pdf

- Estellés-Arolas, E., & González-Ladrón-de-Guevara, F. (2012). Towards an integrated crowdsourcing definition. *Journal of Information science*, 38(2), 189-200.
- Faci N., Maamar Z., Sellami M., Ugljanin E., and Zam M. Flow Management in Enterprise 2.0, Claude Bernard University, Department of Computer Science, *Tech. Rep.*, 2016.
- Faci, N., Maamar, Z., Baker, T., Ugljanin, E., & Sellami, M. (2019). In situ mutation for active things in the IoT context. In *ICSOFT 2018 - Proceedings of the 13th International Conference on Software Technologies*. <https://doi.org/10.5220/0006840607250732>.
- Faci, N., Maamar, Z., Burégio, V., Ugljanin, E., & Benslimane, D. (2017). Web 2.0 applications in the workplace: How to ensure their proper use?. *Computers in Industry*, 88, 1-11. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2017.03.003>.
- Farooq, M. U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A review on internet of things (IoT). *International journal of computer applications*, 113(1), 1-7. <https://doi.org/10.5120/19787-1571>.
- Farzan, R., DiMicco, J. M., Millen, D. R., Dugan, C., Geyer, W., & Brownholtz, E. A. (2008). Results from deploying a participation incentive mechanism within the enterprise. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 563-572). <https://doi.org/10.1145/1357054.1357145>.
- FixMyStreet*. (n.d.). Retrieved August 25, 2021. from <https://www.fixmystreet.com/>.
- Franz, M., Lopes, C. T., Huck, G., Dong, Y., Sumer, O., & Bader, G. D. (2016). Cytoscape.js: a graph theory library for visualisation and analysis. *Bioinformatics*, 32(2), 309-311. <https://doi.org/10.1093/BIOINFORMATICS/BTV557>.
- Giatsoglou, M., Chatzakou, D., Gkatziaki, V., Vakali, A., & Anthopoulos, L. (2016). CityPulse: A platform prototype for smart city social data mining. *Journal of the Knowledge Economy*, 7(2), 344-372. <https://doi.org/10.1007/S13132-016-0370-Z>.
- GitHub - OpenIotOrg/openiot: The Open Source Project for the Internet of Things*. (n.d.). GitHub. Retrieved November 4, 2022, from <https://github.com/OpenIotOrg/openiot>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221. <https://doi.org/10.1007/S10708-007-9111-Y>.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2013.01.010>.
- Gundecha, P., & Liu, H. (2012). Mining social media: a brief introduction. *New directions in informatics, optimization, logistics, and production*, 1-17. <https://doi.org/10.1287/educ.1120.0105>.
- Guo, B., Yu, Z., Zhou, X., & Zhang, D. (2014). From participatory sensing to mobile crowd sensing. In *2014 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PERCOM WORKSHOPS)* (pp. 593-598). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2014.6815273>.
- Hall, R. E., Bowerman, B., Braverman, J., Taylor, J., Todosow, H., & Von Wimmersperg, U. (2000). *The vision of a smart city* (No. BNL-67902; 04042). Brookhaven National Lab. (BNL).

- Hassan, R., Qamar, F., Hasan, M. K., Aman, A. H. M., & Ahmed, A. S. (2020). Internet of Things and its applications: A comprehensive survey. *Symmetry*, 12(10), 1674. <https://doi.org/10.3390/SYM12101674>.
- Hattingh, M. J. (2015). The use of Facebook by a Community Policing Forum to combat crime. In *Proceedings of the 2015 annual research conference on South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists* (pp. 1-10). <https://doi.org/10.1145/2815782.2815811>.
- Helgason, S. (1980). *The radon transform* (Vol. 2). Boston: Birkhäuser.
- Hielkema, H., & Hongisto, P. (2013). Developing the Helsinki smart city: The role of competitions for open data applications. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 190-204. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0087-6>.
- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, 12(3), 303–320. <https://doi.org/10.1080/13604810802479126>.
- Hollands, R. G. (2015). Critical interventions into the corporate smart city. *Cambridge journal of regions, economy and society*, 8(1), 61-77. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu011>.
- Home Sentilo - Sentilo*. Retrieved December 6, 2022, from <https://www.sentilo.io/wordpress/>.
- i-SCOOP*. (n.d.). The DIKW model for knowledge management and data value extraction. Retrieved September 17, 2021, from <https://www.i-scoop.eu/big-data-action-value-context/dikw-model/>.
- Ilić, A. (2011). Ekstremalni problemi i algoritmi za grafovske invarijante bazirane na sopstvenim vrednostima i rastojanjima [PhD thesis, University in Niš]. *University in Niš*. Niš. <https://www.pmf.ni.ac.rs/download/doktorati/dokumenta/disertacije/2011/2011-03-27-ia.pdf>
- International Telecommunication Union. (2005). ITU Internet Reports. The Internet of Things. *International Telecommunication Union*.
- IoT Analytics GmbH. (2022, June 29). *State of IoT—Spring 2022*. IoT Analytics. Retrieved September 19, 2022, from <https://iot-analytics.com/product/state-of-iot-spring-2022/>
- Ishida, T., & Isbister, K. (Eds.). (2000). *Digital cities: technologies, experiences, and future perspectives*. Springer Science & Business Media.
- Jia, X., Feng, Q., & Ma, C. (2010). An efficient anti-collision protocol for RFID tag identification. *IEEE Communications Letters*, 14(11), 1014-1016. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2010.091710.100793>.
- Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. (2012). RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). In *2012 2nd international conference on consumer electronics, communications and networks (CECNet)* (pp. 1282-1285). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CECNET.2012.6201508>.
- Joshi, S., Saxena, S., & Godbole, T. (2016). Developing smart cities: An integrated framework. *Procedia Computer Science*, 93, 902-909. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.258>.
- KaaIoT. (n.d.). Enterprise IoT Platform with Free Plan | Kaa. Kaa IoT Platform. Retrieved November 8, 2022, from <https://www.kaaiot.com/https://www.kaaiot.com/>
- Kajan, E., Faci, N., Maamar, Z., Loo, A., Pljaskovic, A., Sheng, Q. Z., & Dustdar, S. (2014). The network-based business process. *IEEE Internet Computing*, 18(2), 63-69. <https://doi.org/10.1109/MIC.2014.35>.

Kajan, E., Faci, N., Maamar, Z., Sellami, M., Ugljanin, E., Kheddouci, H., Stojanović, D., & Benslimane, D. (2020). Real-time tracking and mining of users' actions over social media. *Computer Science and Information Systems*, 17(2), 403. <https://doi.org/10.2298/CSIS190822002K>.

CitySDK – City Service Development Kit. Retrieved December 13, 2022, from <https://www.citysdk.eu/>

Kim, H. M., & Han, S. S. (2012). Seoul. *Cities*, 29(2), 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.02.003>.

Kirby, T. (2013). *City design: transforming tomorrow*. The Guardian, 18.

Kitchin, R. (2015). Making sense of smart cities: addressing present shortcomings. *Cambridge journal of regions, economy and society*, 8(1), 131-136. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu027>.

Kogan, N., & Lee, K. J. (2014). Exploratory research on the success factors and challenges of Smart City projects. *Asia Pacific Journal of Information Systems*, 24(2), 141-189. <https://doi.org/10.14329/APJIS.2014.24.2.141>.

Kollock, P. (1999). The economies of online cooperation: Gifts and public goods in cyberspace. *Communities in Cyberspace*, 239.

Kolotouchkina, O., & Seisdedos, G. (2018). Place branding strategies in the context of new smart cities: Songdo IBD, Masdar and Skolkovo. *Place Branding and Public Diplomacy*, 14(2), 115-124. <https://doi.org/10.1057/s41254-017-0078-2>.

Komninos, A., Besharat, J., Ferreira, D., & Garofalakis, J. (2013a). HotCity: enhancing ubiquitous maps with social context heatmaps. In *Proceedings of the 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (pp. 1-10). <https://doi.org/10.1145/2541831.2543694>.

Komninos, N. (2006). The architecture of intelligent cities. *Intelligent Environments 06 Proceedings*, Institution of Engineering and Technology, 13-20. <https://doi.org/10.1049/cp:20060620>.

Komninos, N. (2008). *Intelligent Cities and Globalisation of Innovation Networks*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203894491>.

Komninos, N. (2013). *Intelligent cities: innovation, knowledge systems and digital spaces*. Routledge.

Komninos, N., & Tsarchopoulos, P. (2013). Toward intelligent Thessaloniki: From an agglomeration of apps to smart districts. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 149-168. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0085-8>.

Komninos, N., Pallot, M., & Schaffers, H. (2013b). Special issue on smart cities and the future internet in Europe. *Journal of the knowledge economy*, 4(2), 119-134. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0083-x>.

Kourtit, K., & Nijkamp, P. (2012a). Smart cities in the innovation age. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 93-95. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660331>.

Kourtit, K., Nijkamp, P., & Arribas, D. (2012b). Smart cities in perspective—a comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation: The European journal of social science research*, 25(2), 229-246. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660330>.

KPF. (n.d.). New Songdo City. Retrieved September 17, 2021, from <https://www.kpf.com/project/new-songdo-city>

Kumar, S., Barbier, G., Abbasi, M., & Liu, H. (2011). Tweettracker: An analysis tool for humanitarian and disaster relief. In *Proceedings of the international aaai conference on web and social media* (Vol. 5, No. 1, pp. 661-662). <https://doi.org/10.1145/1935826.1935854>.

Landry, C. (2006). *The art of city making*. Routledge.

Lin, Y. (2022, July 15). *10 Twitter Statistics Every Marketer Should Know in 2022 [Infographic]*. Retrieved September 17, 2022, from <https://www.oberlo.com/blog/twitter-statistics>

Lowndes, V., Pratchett, L., & Stoker, G. (2006). Diagnosing and remedying the failings of official participation schemes: *The CLEAR framework*. *Social policy and Society*, 5(2), 281-291. <https://doi.org/10.1017/S1474746405002988>.

Lu, C. (2016). Comparison between SensibleThings and Kaa platform. Bachelor Thesis. Department of information and communication systems. MID SWEDEN UNIVERSITY.

Lytras, M. D., & Visvizi, A. (2018). Who uses smart city services and what to make of it: Toward interdisciplinary smart cities research. *Sustainability*, 10(6), 1998. <https://doi.org/10.3390/SU10061998>.

Ljajić, A., & Marovac, U. (2019). Improving sentiment analysis for twitter data by handling negation rules in the Serbian language. *Computer Science and Information Systems*, 16(1), 289-311.

Maamar, Z., Baker, T., Faci, N., Ugljanin, E., Khafajiy, M. A., & Burégio, V. (2019). Towards a seamless coordination of Cloud and Fog: illustration through the Internet-of-Things. In *Proceedings of the 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing* (pp. 2008-2015).

Maamar, Z., Baker, T., Sellami, M., Asim, M., Ugljanin, E., & Faci, N. (2018). Cloud vs edge: Who serves the Internet-of-Things better?. *Internet Technology Letters*, 1(5), e66. <https://doi.org/10.1002/itl2.66>.

Maamar, Z., Burégio, V., Faci, N., Benslimane, D., & Sheng, Q. Z. (2015). "Controlling" Web 2.0 Applications in the Workplace. In *2015 IEEE 19th International Enterprise Distributed Object Computing Conference* (pp. 191-200). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDOC.2015.35>.

Maamar, Z., Faci, N., Ugljanin, E., Baker, T., & Burégio, V. (2021). Towards a cell-inspired approach for a sustainable Internet-of-Things. *Internet of Things*, 14, 100400. <https://doi.org/10.1016/J.IOT.2021.100400>.

Maamar, Z., Wives, L. K., Badr, Y., & Elnaffar, S. (2009). Even web services can socialize: A new service-oriented social networking model. In *2009 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems* (pp. 24-30). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INCOS.2009.28>.

Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164. <https://doi.org/10.4236/JCC.2015.35021>.

Manning, C. D., Surdeanu, M., Bauer, J., Finkel, J. R., Bethard, S., & McClosky, D. (2014). The Stanford CoreNLP natural language processing toolkit. In *Proceedings of 52nd annual meeting of the association for computational linguistics: system demonstrations* (pp. 55-60). <https://doi.org/10.3115/V1/P14-5010>.

Mannion, P. (2015), "Optimal Analysis Algorithms are IoT's Big Opportunity", Retrieved 15. September 2021, from: <http://electronics360.globalspec.com/article/4890/optimalanalysis-algorithms-are-iot-s-big-opportunity>.

- Marjani, M., Nasaruddin, F., Gani, A., Karim, A., Hashem, I. A. T., Siddiqa, A., & Yaqoob, I. (2017). Big IoT data analytics: architecture, opportunities, and open research challenges. *IEEE access*, 5, 5247-5261.
- Marovac, U., Pljaskovic, A., Crnisanin, A., & Kajan, E. (2012, November). N-gram analysis of text documents in Serbian language. In *2012 20th Telecommunications Forum (TELFOR)* (pp. 1385-1388). IEEE.
- Martínez-Ballesté, A., Pérez-Martínez, P. A., & Solanas, A. (2013). The pursuit of citizens' privacy: a privacy-aware smart city is possible. *IEEE Communications Magazine*, 51(6), 136-141. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6525606>.
- McAfee, A., Brynjolfsson, E., Davenport, T. H., Patil, D. J., & Barton, D. (2012). Big data: the management revolution. *Harvard business review*, 90(10), 60-68.
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. *Revue Internationale des Sciences Administratives*, 82(2), 417-435. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing*. Cloud Computing and Government: Background, Benefits, Risks. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804018-8.15003-x>.
- Mendoza, M., Poblete, B., & Valderrama, I. (2019). Nowcasting earthquake damages with Twitter. *EPJ Data Science*, 8(1), 1-23. <https://doi.org/10.1140/EPJDS/S13688-019-0181-0>.
- Mitchell, W. J. (2000). Designing the Digital City. In: *Ishida, T., Isbister, K. (eds) Digital Cities*. Digital Cities 1999. Lecture Notes in Computer Science. https://dx.doi.org/10.1007/3-540-46422-0_1
- Molinillo, S., Anaya-Sánchez, R., Morrison, A. M., & Coca-Stefaniak, J. A. (2019). Smart city communication via social media: Analysing residents' and visitors' engagement. *Cities*, 94, 247-255. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2019.06.003>.
- Mora, L., Deakin, M., Reid, A., & Angelidou, M. (2019). How to overcome the dichotomous nature of smart city research: Proposed methodology and results of a pilot study. *Journal of Urban Technology*, 26(2), 89-128. <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1525265>.
- Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental impact assessment review*, 32(1), 94-106. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.001>.
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In *Proceedings of the 12th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times* (pp. 282-291). <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602>.
- National Intelligence Council. (2008). Six technologies with potential impacts on us interests out to 2025. *Disruptive Civil Technologies*, 2008. Tech. Rep.
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>.
- Newman, S. (2021). *Building microservices*. " O'Reilly Media, Inc."

Odendaal, N. (2003). Information and communication technology and local governance: Understanding the difference between cities in developed and emerging economies. *Computers, environment and urban systems*, 27(6), 585-607. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(03\)00016-4](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(03)00016-4).

Pak, B., Chua, A., & Vande Moere, A. (2017). FixMyStreet Brussels: socio-demographic inequality in crowdsourced civic participation. *Journal of Urban Technology*, 24(2), 65-87. <https://doi.org/10.1080/10630732.2016.1270047>.

Park, S., Ilincai, E. S., Oh, J., Kwon, S., Mizouni, R., & Lee, U. (2017). Facilitating pervasive community policing on the road with mobile roadwatch. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3538-3550). <https://doi.org/10.1145/3025453.3025867>.

PublicStuff. (n.d.). Retrieved August 25, 2021. from <https://www.publicstuff.com>.

Pujol, F. A., Mora, H., & Pertegal, M. L. (2020). A soft computing approach to violence detection in social media for smart cities. *Soft Computing*, 24(15), 11007-11017. <https://doi.org/10.1007/S00500-019-04310-X>.

Rahman, K. C. (2010). A survey on sensor network. *Journal of Computer and Information Technology*, 1(1), 76-87.

Rana, N. P., Luthra, S., Mangla, S. K., Islam, R., Roderick, S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Barriers to the development of smart cities in Indian context. *Information Systems Frontiers*, 21(3), 503-525. <https://doi.org/10.1007/S10796-018-9873-4>.

Rodríguez-Bolívar, M. P. (2015). Transforming city governments for successful smart cities. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03167-5>.

Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of information science*, 33(2), 163-180. <https://doi.org/10.1177/0165551506070706>.

Sánchez, J. R., Campo-Archbold, A., Rozo, A. Z., Díaz-López, D., Pastor-Galindo, J., Mármol, F. G., & Díaz, J. A. (2022). On the power of social networks to analyze threatening trends. *IEEE Internet Computing*, 26(2), 19-26. <https://doi.org/10.1109/MIC.2022.3154712>.

Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J. A., Sotres, P., Santana, J. R., Gutierrez, V., ... & Pfisterer, D. (2014). SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*, 61, 217-238.

Santana, E. F. Z., Chaves, A. P., Gerosa, M. A., Kon, F., & Milojevic, D. S. (2017). Software platforms for smart cities: Concepts, requirements, challenges, and a unified reference architecture. *ACM Computing Surveys (Csur)*, 50(6), 1-37.

Sassen, S. (2013). *The global city: New york, london, tokyo*. Princeton University Press.

Schall, D., Dustdar, S., & Blake, M. B. (2010). Programming human and software-based web services. *Computer*, 43(07), 82-85. <https://doi.org/10.1109/MC.2010.205>.

Schneider, F., Feldmann, A., Krishnamurthy, B., & Willinger, W. (2009). Understanding online social network usage from a network perspective. In *Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement* (pp. 35-48). <https://doi.org/10.1145/1644893.1644899>.

SeeClickFix. (n.d.). SeeClickFix.com. Retrieved August 25, 2021, from <https://seeclickfix.com/>

Sennett, R. (2012, December 4). No one likes a city that's too smart. *The Guardian*. Retrieved September 17, 2021, from <https://www.theguardian.com/commentisfree/2012/dec/04/smart-city-rio-songdo-masdar>

Shadbolt, N. (2013). Knowledge acquisition and the rise of social machines. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(2), 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.10.008>.

Sindlinger, T. S. (2010). Crowdsourcing: why the power of the crowd is driving the future of business. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 67(18), 1565–1566, <https://doi.org/10.2146/ajhp100029>

Skolkovo Community. (n.d.). Retrieved April 8, 2019, from <http://sk.ru>.

Sofia2 - Technology for Innovators. (n.d.) Retrieved June 16, 2022, from <https://sofia2.com>

Sofia2 IoT Platform. (n.d.). GitHub. Retrieved June 16, 2022, from <https://github.com/Sofia2/>

Songdo IBD. (n.d.). Retrieved 12 September 2020 from <http://songdo.com>.

Souza, A., Figueredo, M., Cacho, N., Araújo, D., Coelho, J., & Prolo, C. A. (2016). Social smart city: A platform to analyze social streams in smart city initiatives. In *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISC2.2016.7580848>.

Speed Watch | Devon and Cornwall Police. (n.d.) Retrieved June 18, 2022. from <https://www.devon-cornwall.police.uk/support-and-guidance/on-the-road/speed-watch/>.

Statista. (2022, September 6). *IoT and non-IoT connections worldwide 2010-2025*. Retrieved September 17, 2022, from <https://www.statista.com/statistics/1101442/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

Sudevalayam, S., & Kulkarni, P. (2010). Energy harvesting sensor nodes: Survey and implications. *IEEE communications surveys & tutorials*, 13(3), 443-461.

Suzuki, H., Dastur, A., Moffatt, S., Yabuki, N., & Maruyama, H. (2010). *Eco2 Cities: Ecological cities as economic cities*. World Bank Publications.

Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S., Hodson, M., & Hajer, M. (2013). City-level decoupling: urban resource flows and the governance of infrastructure transitions. A report of the working group on cities of the international resource panel.

Telefonica. (2015). La Transformación Digital Urbana. Report. (in Spanish). Retrieved September 25, 2021 from <https://iot.telefonica.com/libroblanco-smart-cities/media/libro-blanco-smart-cities-esp-2015.pdf>.

The Songdo IBD Wants to say goodbye to cars. (2019, January 23). We Build Value. Retrieved September 17, 2022, from <https://www.webuildvalue.com/en/megatrends/the-songdo-ibd-wants-to-say-goodbye-to-cars.html>

Tianjin Eco-City. (n.d.) Retrieved April 8, 2019, from <https://www.tianjinecocity.gov.sg>.

TikTok Statistics - Everything You Need to Know [Aug 2022 Update]. (2022, August 13). Wallaroo Media. Retrieved September 17, 2022, from <https://wallaroomedia.com/blog/social-media/tiktok-statistics/>

- Toma, I., Simperl, E., & Hench, G. (2009). A joint roadmap for semantic technologies and the internet of things. In *Proceedings of the Third STI Roadmapping Workshop*, Crete, Greece (Vol. 1, pp. 140-53).
- Tranos, E., & Gertner, D. (2012). Smart networked cities?. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 175-190. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660327>.
- Ugljanin, E., Faci, N., Sellami, M., & Maamar, Z. (2016). Tracking users' actions over social media: Application to Facebook. In *2016 IEEE 25th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)* (pp. 255-256). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WETICE.2016.64>.
- Ugljanin, E., Kajan, E., Maamar, Z., Asim, M., & Burégio, V. (2020). Immersing citizens and things into smart cities: a social machine-based and data artifact-driven approach. *Computing*, 102(7), 1567-1586.
- Ugljanin, E., Stojanović, D. H., Kajan, E., & Maamar, Z. (2017). Initiating and tracking social actions to adapt and improve smart city's business processes. In *2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR)* (pp. 1-4). IEEE.
- Ugljanin, E., Stojanović, D., Kajan, E., & Maamar, Z. (2018a). Reconfiguration and Integration of IoT in the Context of Business Process Management. In *MODERN PROBLEMS OF MATHEMATICS, MECHANICS AND INFORMATICS (CPMMI)*. Novi Pazar: State University of Novi Pazar.
- Ugljanin, E., Stojanović, D., Kajan, E., & Maamar, Z. (2018b). Re-engineering of smart city's business processes based on social networks and Internet of Things. *Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics*, 16, 275. <https://doi.org/10.22190/fuacr1703275u>.
- Ugljanin, E., Stojanović, D., Kajan, E., Maamar, Z. (2022). B2S4B: A Platform for Smart City Business Processes Management and Adaptation. *Studies in Informatics and Control*, vol. 31(3).
- United Nations. (2008). World urbanization prospects: The 2007 revision population database.
- United Nations. (2014). World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights. department of economic and social affairs. *Population Division*, United Nations, 32. <https://doi.org/10.4054/DemRes.2005.12.9>.
- Varghese, B., Wang, N., Nikolopoulos, D. S., & Buyya, R. (2020). Feasibility of fog computing. In *Handbook of Integration of Cloud Computing, Cyber Physical Systems and Internet of Things* (pp. 127-146). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43795-4_5.
- Villatoro, D., & Nin, J. (2012). Citizens sensor networks. In *International Workshop on Citizen in Sensor Networks* (pp. 1-5). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36074-9_1.
- Von Hippel, E. (2006). *Democratizing innovation* (p. 216). the MIT Press.
- Wang, D., Abdelzaher, T., & Kaplan, L. (2015). *Social sensing: building reliable systems on unreliable data*. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-18808-3>.
- Wang, D., Szymanski, B. K., Abdelzaher, T., Ji, H., & Kaplan, L. (2019). The age of social sensing. *Computer*, 52(1), 36-45. <https://doi.org/10.1109/MC.2018.2890173>.
- Weiser, M., Gold, R., & Brown, J. S. (1999). The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. *IBM systems journal*, 38(4), 693-696. <https://doi.org/10.1147/SJ.384.0693>.

- Willems, J., Bergh, J. V. D., & Viaene, S. (2017). Smart city projects and citizen participation: The case of London. In *Public sector management in a globalized world* (pp. 249-266). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16112-5_12.
- Woetzel, J., Mendonca, L., Devan, J., Negri, S., Hu, Y., Jordan, L., Li, X., Maasry, A., Tsen, G., & Yu, F. (2009). Preparing for China's urban billion. *McKinsey Global Institute*, 1. <https://doi.org/www.mckinsey.com/mgi>.
- Wu, C., Birch, D., Silva, D., Lee, C. H., Tsinalis, O., & Guo, Y. (2014). Concinnity: A generic platform for big sensor data applications. *IEEE Cloud Computing*, 1(2), 42-50.
- Xu, Z., Mei, L., Choo, K. K. R., Lv, Z., Hu, C., Luo, X., & Liu, Y. (2018). Mobile crowd sensing of human-like intelligence using social sensors: A survey. *Neurocomputing*, 279, 3-10. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2017.01.127>.
- Yan, X., & Han, J. (2002). gspan: Graph-based substructure pattern mining. In *2002 IEEE International Conference on Data Mining, 2002. Proceedings.* (pp. 721-724). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1184038/>.
- Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer networks*, 52(12), 2292-2330. <https://doi.org/10.1016/J.COMNET.2008.04.002>.
- Yigitcanlar, T., Han, H., Kamruzzaman, M., Ioppolo, G., & Sabatini-Marques, J. (2019). The making of smart cities: Are Songdo, Masdar, Amsterdam, San Francisco and Brisbane the best we could build?. *Land use policy*, 88, 104187. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2019.104187>.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32.
- Zhou, L., & Wang, T. (2014). Social media: A new vehicle for city marketing in China. *Cities*, 37, 27-32. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2013.11.006>.
- Zimmerman, M. A., & Rappaport, J. (1988). Citizen participation, perceived control, and psychological empowerment. *American Journal of community psychology*, 16(5), 725-750. <https://doi.org/10.1007/BF00930023>.

PRIOLOG

Listing 4 SCO₁ definicija

```

1  {
2    " id": "9757baa63d6029625e0b0fca4a99224d",
3    "@context": null,
4    "description": "Testiranje interesovanja građana za predstojeći koncert mladih izvođača
za Dan dijaspore 22.07.2022.",
5    "name": "SCO1",
6    "eventDetection": [
7      {
8        "name": "facebook-checkins",
9        "sourceType": "social-connector",
10       "location": "worldwide",
11       "content": {
12         "campaign": "2d10b762febee3e96ddd2367dc94ba44",
13         "metric": "tn",
14         "frequency": "once"
15       },
16       "date": {
17         "from": "2022-06-22 00:00:00",
18         "to": "2022-07-22 00:00:00"
19       },
20       "description": "Praćenje prijavljivanja građana za prisustvo događaju "Dan
dijaspore",
21       "expectedEvents": [
22         {
23           "conditions": {
24             "all": [
25               {
26                 "fact": "origin",
27                 "operator": "equal",
28                 "value": "facebook-checkins"
29               },
30               {
31                 "fact": "location",
32                 "operator": "equal",
33                 "value": "worldwide"
34               },
35               {
36                 "fact": "value",
37                 "operator": "greaterThanInclusive",
38                 "value": 0
39               },
40               {
41                 "fact": "value",
42                 "operator": "lessThan",
43                 "value": 500
44               }
45             ]
46           },
47           "event": {
48             "type": "slab-odziv-za-dolazak-na-koncert"
49           }
50         },
51       {
52         "conditions": {
53           "all": [
54             {
55               "fact": "origin",
56               "operator": "equal",
57               "value": "facebook-checkins"
58             },
59             {
60               "fact": "location",
61               "operator": "equal",
62               "value": "worldwide"
63             },
64             {
65               "fact": "value",
66               "operator": "greaterThanInclusive",
67               "value": 500
68             },
69             {
70               "fact": "value",

```

```
71         "operator": "lessThan",
72         "value": 2000
73     }
74 ]
75 },
76 "event": {
77     "type": "umeren-odziv-za-dolazak-na-koncert"
78 }
79 },
80 {
81     "conditions": {
82         "all": [
83             {
84                 "fact": "origin",
85                 "operator": "equal",
86                 "value": "facebook-checkins"
87             },
88             {
89                 "fact": "location",
90                 "operator": "equal",
91                 "value": "worldwide"
92             },
93             {
94                 "fact": "value",
95                 "operator": "greaterThanInclusive",
96                 "value": 2000
97             },
98             {
99                 "fact": "value",
100                "operator": "equal",
101                "value": 0
102            }
103        ]
104    },
105    "event": {
106        "type": "visok-odziv-za-dolazak-na-koncert"
107    }
108 }
109 ]
110 },
111 {
112     "name": "facebook-campaign",
113     "sourceType": "social-connector",
114     "location": "worldwide",
115     "content": {
116         "campaign": "75d8f9229519516d1add8772c9fcf67b",
117         "metric": "cs",
118         "frequency": "once"
119     },
120     "date": {
121         "from": "2022-06-22 00:00:00",
122         "to": "2022-07-22 00:00:00"
123     },
124     "description": "Praćenje reakcija građana na kampanju „Dan dijaspore“ na
Facebook-u",
125     "expectedEvents": [
126         {
127             "conditions": {
128                 "all": [
129                     {
130                         "fact": "origin",
131                         "operator": "equal",
132                         "value": "facebook-campaign"
133                     },
134                     {
135                         "fact": "location",
136                         "operator": "equal",
137                         "value": "worldwide"
138                     },
139                     {
140                         "fact": "value",
141                         "operator": "greaterThanInclusive",
142                         "value": 0
143                     },
144                     {
145                         "fact": "value",
146                         "operator": "lessThan",
147                         "value": 50
148                     }
149                 ]
150             },
151             "event": {
```

```
152         "type": "slabe-reakcije-na-kampanju-najave-koncerta"
153     }
154 },
155 {
156     "conditions": {
157         "all": [
158             {
159                 "fact": "origin",
160                 "operator": "equal",
161                 "value": "facebook-campaign"
162             },
163             {
164                 "fact": "location",
165                 "operator": "equal",
166                 "value": "worldwide"
167             },
168             {
169                 "fact": "value",
170                 "operator": "greaterThanInclusive",
171                 "value": 50
172             },
173             {
174                 "fact": "value",
175                 "operator": "lessThan",
176                 "value": 200
177             }
178         ]
179     },
180     "event": {
181         "type": "umerene-reakcije-na-kampanju-najave-koncerta"
182     }
183 },
184 {
185     "conditions": {
186         "all": [
187             {
188                 "fact": "origin",
189                 "operator": "equal",
190                 "value": "facebook-campaign"
191             },
192             {
193                 "fact": "location",
194                 "operator": "equal",
195                 "value": "worldwide"
196             },
197             {
198                 "fact": "value",
199                 "operator": "greaterThanInclusive",
200                 "value": 200
201             }
202         ]
203     },
204     "event": {
205         "type": "odlicne-reakcije-na-kampanju-najave-koncerta"
206     }
207 }
208 ]
209 }
210 ],
211 "actionExecution": [
212     {
213         "conditions": {
214             "all": [
215                 {
216                     "fact": "events",
217                     "operator": "detected",
218                     "value": {
219                         "type": "odlicne-reakcije-na-kampanju-najave-koncerta",
220                         "freshness": "ever"
221                     }
222                 },
223                 {
224                     "fact": "events",
225                     "operator": "detected",
226                     "value": {
227                         "type": "visok-odziv-za-dolazak-na-koncert",
228                         "freshness": "ever"
229                     }
230                 }
231             ]
232         },
233         "event": {
```



```

234         "type": "action",
235         "params": {
236             "id": "0",
237             "name": "veliko-interesovanje-za-koncert",
238             "description": "Veliko interesovanje za koncert",
239             "connector": "sco",
240             "frequency": "once",
241             "allowConsecutive": false,
242             "date": {
243                 "from": "2022-06-22 00:00:00",
244                 "to": "2022-07-22 00:00:00"
245             },
246             "content": {}
247         }
248     }
249 }
250 ]
251 }

```

Listing 5 SCO₂ definicija

```

1  {
2  "_id": "42d5ff6cd200e4d5147e612fb35b06d6",
3  "description": "Priprema koncerta na osnovu analize javnog mnjenja",
4  "name": "SCO2",
5  "eventDetection": [
6  {
7      "name": "veliko-interesovanje-za-koncert",
8      "sourceType": "sco",
9      "location": "9757baa63d6029625e0b0fca4a99224d",
10     "date": {
11         "from": "2022-07-22 00:00:00",
12         "to": "2022-07-22 20:00:00"
13     },
14     "description": "Prati se signal sa SCO1 o tome kakvo se interesovanje na zakazani
dogadaj ocekuje, na osnovu koga se mogu doneti inicijalne odluke o zatvaranju određenih
ulica.",
15     "expectedEvents": [
16         {
17             "conditions": {
18                 "all": [
19                     {
20                         "fact": "origin",
21                         "operator": "equal",
22                         "value": "veliko-interesovanje-za-koncert"
23                     },
24                     {
25                         "fact": "location",
26                         "operator": "equal",
27                         "value": "9757baa63d6029625e0b0fca4a99224d"
28                     },
29                     {
30                         "fact": "value",
31                         "operator": "equal",
32                         "value": 1
33                     }
34                 ]
35             },
36             "event": {
37                 "type": "veliko-interesovanje-za-koncert"
38             }
39         }
40     ]
41 },
42 {
43     "name": "crowd",
44     "sourceType": "iot-connector",
45     "location": "AVNOJ",
46     "date": {
47         "from": "2022-05-26 00:00:00",
48         "to": "2022-06-25 00:00:00"
49     },
50     "description": "Prati se stvarno stanje na ulicama praćenjem kamera koje detektuju
broj prisutnih ljudi da bi odluka bila donešena u pravom trenutku.",
51     "expectedEvents": [
52         {
53             "conditions": {
54                 "all": [
55

```

```
56         "fact": "origin",
57         "operator": "equal",
58         "value": "crowd"
59     },
60     {
61         "fact": "location",
62         "operator": "equal",
63         "value": "AVNOJ"
64     },
65     {
66         "fact": "value",
67         "operator": "greaterThanInclusive",
68         "value": 0
69     },
70     {
71         "fact": "value",
72         "operator": "lessThan",
73         "value": 200
74     }
75 ]
76 },
77 "event": {
78     "type": "slabo-okupljanje-gradjana"
79 }
80 },
81 {
82     "conditions": {
83         "all": [
84             {
85                 "fact": "origin",
86                 "operator": "equal",
87                 "value": "crowd"
88             },
89             {
90                 "fact": "location",
91                 "operator": "equal",
92                 "value": "AVNOJ"
93             },
94             {
95                 "fact": "value",
96                 "operator": "greaterThanInclusive",
97                 "value": 200
98             },
99             {
100                "fact": "value",
101                "operator": "lessThan",
102                "value": 500
103            }
104        ]
105    },
106    "event": {
107        "type": "umereno-okupljanje-gradjana"
108    }
109 },
110 {
111     "conditions": {
112         "all": [
113             {
114                 "fact": "origin",
115                 "operator": "equal",
116                 "value": "crowd"
117             },
118             {
119                 "fact": "location",
120                 "operator": "equal",
121                 "value": "AVNOJ"
122             },
123             {
124                 "fact": "value",
125                 "operator": "greaterThan",
126                 "value": 500
127             }
128        ]
129    },
130    "event": {
131        "type": "masovno-okupljanje-gradjana"
132    }
133 }
134 ]
135 }
136 ],
137 "actionExecution": [
```

```
138 {
139   "conditions": {
140     "all": [
141       {
142         "fact": "events",
143         "operator": "detected",
144         "value": {
145           "type": "veliko-interesovanje-za-koncert",
146           "freshness": "ever"
147         }
148       },
149       {
150         "fact": "events",
151         "operator": "detected",
152         "value": {
153           "type": "masovno-okupljanje-gradjana",
154           "freshness": "an hour ago"
155         }
156       }
157     ]
158   },
159   "event": {
160     "type": "action",
161     "params": {
162       "id": "-1",
163       "name": "zatvaranje-ulice-avnoj",
164       "description": "Zatvaranje ulice AVNOJ",
165       "connector": "iot-connector",
166       "frequency": "once",
167       "allowConsecutive": false,
168       "date": {
169         "from": "2022-05-26 00:00:00",
170         "to": "2022-06-25 00:00:00"
171       },
172       "content": {
173         "nodeid": "4540533",
174         "mutationid": "36"
175       }
176     }
177   },
178 },
179 {
180   "conditions": {
181     "all": [
182       {
183         "fact": "events",
184         "operator": "detected",
185         "value": {
186           "type": "masovno-okupljanje-gradjana",
187           "freshness": "an hour ago"
188         }
189       },
190       {
191         "fact": "events",
192         "operator": "detected",
193         "value": {
194           "type": "veliko-interesovanje-za-koncert",
195           "freshness": "ever"
196         }
197       }
198     ]
199   },
200   "event": {
201     "type": "action",
202     "params": {
203       "id": "-1",
204       "name": "obavesti-gradjane-preko-fb-a",
205       "description": "Obaveštava građane o zatvaranju ulice AVNOJ-a",
206       "connector": "social-connector",
207       "frequency": "once",
208       "allowConsecutive": false,
209       "date": {
210         "from": "2022-07-22 00:00:00",
211         "to": "2022-07-22 20:00:00"
212       },
213       "content": {}
214     }
215   }
216 }
217 ]
218 }
```

Listing 6 SCO₃ definicija

```

1  {
2    "id": "0cd74d218e9b1086b3d8a31d9e2192e6",
3    "@context": null,
4    "description": "Rešavanje saobraćajnih gužvi otvaranjem novih parkinga",
5    "eventDetection": [
6      {
7        "name": "zatvaranje-ulice-avnoja",
8        "sourceType": "sco",
9        "location": "42d5ff6cd200e4d5147e612fb35b06d6",
10       "date": {
11         "from": "2022-07-22 16:00:00",
12         "to": "2022-07-22 20:00:00"
13       },
14       "description": "Zatvaranje ulice AVNOJ-a",
15       "expectedEvents": [
16         {
17           "conditions": {
18             "all": [
19               {
20                 "fact": "origin",
21                 "operator": "equal",
22                 "value": "zatvaranje-ulice-avnoja"
23               },
24               {
25                 "fact": "location",
26                 "operator": "equal",
27                 "value": "42d5ff6cd200e4d5147e612fb35b06d6"
28               },
29               {
30                 "fact": "value",
31                 "operator": "equal",
32                 "value": 1
33               }
34             ]
35           },
36           "event": {
37             "type": "zatvaranje-ulice-avnoja"
38           }
39         }
40       ]
41     },
42     {
43       "name": "parking",
44       "sourceType": "iot-connector",
45       "location": "lucna-zgrada",
46       "date": {
47         "from": "2022-07-22 16:00:00",
48         "to": "2022-07-22 20:00:00"
49       },
50       "description": "Prati dostupnost parkinga iza Lučne zgrade",
51       "expectedEvents": [
52         {
53           "conditions": {
54             "all": [
55               {
56                 "fact": "origin",
57                 "operator": "equal",
58                 "value": "parking"
59               },
60               {
61                 "fact": "location",
62                 "operator": "equal",
63                 "value": "lucna-zgrada"
64               },
65               {
66                 "fact": "value",
67                 "operator": "equal",
68                 "value": 0
69               }
70             ]
71           },
72           "event": {
73             "type": "nema-mesta-na-parkingu-iza-lucne-zgrade"
74           }
75         },
76         {
77           "conditions": {
78             "all": [
79             {

```

```
80         "fact": "origin",
81         "operator": "equal",
82         "value": "parking"
83     },
84     {
85         "fact": "location",
86         "operator": "equal",
87         "value": "lucna-zgrada"
88     },
89     {
90         "fact": "value",
91         "operator": "greaterThan",
92         "value": 0
93     }
94 ]
95 },
96 "event": {
97     "type": "slobodan-parking-iza-lucne-zgrade"
98 }
99 }
100 ]
101 },
102 {
103     "name": "parking",
104     "sourceType": "iot-connector",
105     "location": "pendik",
106     "date": {
107         "from": "2022-07-22 16:00:00",
108         "to": "2022-07-22 20:00:00"
109     },
110     "description": "Prati dostupnost parkinga kod hale Pendik",
111     "expectedEvents": [
112         {
113             "conditions": {
114                 "all": [
115                     {
116                         "fact": "origin",
117                         "operator": "equal",
118                         "value": "parking"
119                     },
120                     {
121                         "fact": "location",
122                         "operator": "equal",
123                         "value": "pendik"
124                     },
125                     {
126                         "fact": "value",
127                         "operator": "equal",
128                         "value": 0
129                     }
130                 ]
131             },
132             "event": {
133                 "type": "nema-mesta-na-parkingu-kod-hale-pendik"
134             }
135         },
136         {
137             "conditions": {
138                 "all": [
139                     {
140                         "fact": "origin",
141                         "operator": "equal",
142                         "value": "parking"
143                     },
144                     {
145                         "fact": "location",
146                         "operator": "equal",
147                         "value": "pendik"
148                     },
149                     {
150                         "fact": "value",
151                         "operator": "greaterThan",
152                         "value": 0
153                     }
154                 ]
155             },
156             "event": {
157                 "type": "slobodan-parking-kod-hale-pendik"
158             }
159         }
160     ]
161 },
```

```
162     {
163         "name": "parking",
164         "sourceType": "iot-connector",
165         "location": "dom-kulture",
166         "date": {
167             "from": "2022-07-22 16:00:00",
168             "to": "2022-07-22 20:00:00"
169         },
170         "description": "Prati dostupnost parkinga kod Doma kulture ",
171         "expectedEvents": [
172             {
173                 "conditions": {
174                     "all": [
175                         {
176                             "fact": "origin",
177                             "operator": "equal",
178                             "value": "parking"
179                         },
180                         {
181                             "fact": "location",
182                             "operator": "equal",
183                             "value": "dom-kulture"
184                         },
185                         {
186                             "fact": "value",
187                             "operator": "equal",
188                             "value": 0
189                         }
190                     ]
191                 },
192                 "event": {
193                     "type": "nema-mesta-na-parkingu-kod-doma-kulture"
194                 }
195             },
196             {
197                 "conditions": {
198                     "all": [
199                         {
200                             "fact": "origin",
201                             "operator": "equal",
202                             "value": "parking"
203                         },
204                         {
205                             "fact": "location",
206                             "operator": "equal",
207                             "value": "dom-kulture"
208                         },
209                         {
210                             "fact": "value",
211                             "operator": "greaterThan",
212                             "value": 0
213                         }
214                     ]
215                 },
216                 "event": {
217                     "type": "slobodan-parking-kod-doma-kulture"
218                 }
219             }
220         ]
221     },
222     {
223         "name": "parking",
224         "sourceType": "iot-connector",
225         "location": "vrbak",
226         "date": {
227             "from": "2022-07-22 16:00:00",
228             "to": "2022-07-22 20:00:00"
229         },
230         "description": "Prati dostupnost parkinga kod hotela Vrbak",
231         "expectedEvents": [
232             {
233                 "conditions": {
234                     "all": [
235                         {
236                             "fact": "origin",
237                             "operator": "equal",
238                             "value": "parking"
239                         },
240                         {
241                             "fact": "location",
242                             "operator": "equal",
243                             "value": "vrbak"
```

```
244         },
245         {
246             "fact": "value",
247             "operator": "equal",
248             "value": 0
249         }
250     ],
251 },
252 "event": {
253     "type": "nema-mesta-na-parkingu-iza-hotela-vrbak"
254 }
255 },
256 {
257     "conditions": {
258         "all": [
259             {
260                 "fact": "origin",
261                 "operator": "equal",
262                 "value": "parking"
263             },
264             {
265                 "fact": "location",
266                 "operator": "equal",
267                 "value": "vrbak"
268             },
269             {
270                 "fact": "value",
271                 "operator": "greaterThan",
272                 "value": 0
273             }
274         ]
275     },
276     "event": {
277         "type": "slobodan-parking-kod-hotela-vrbak"
278     }
279 }
280 ]
281 }
282 ],
283 "actionExecution": [
284     {
285         "conditions": {
286             "all": [
287                 {
288                     "fact": "events",
289                     "operator": "detected",
290                     "value": {
291                         "type": "nema-mesta-na-parkingu-iza-hotela-vrbak",
292                         "freshness": "half an hour ago"
293                     }
294                 },
295                 {
296                     "fact": "events",
297                     "operator": "detected",
298                     "value": {
299                         "type": "nema-mesta-na-parkingu-kod-hale-pendik",
300                         "freshness": "half an hour ago"
301                     }
302                 },
303                 {
304                     "fact": "events",
305                     "operator": "detected",
306                     "value": {
307                         "type": "nema-mesta-na-parkingu-iza-lucne-zgrade",
308                         "freshness": "half an hour ago"
309                     }
310                 },
311                 {
312                     "fact": "events",
313                     "operator": "detected",
314                     "value": {
315                         "type": "nema-mesta-na-parkingu-kod-doma-kulture",
316                         "freshness": "half an hour ago"
317                     }
318                 },
319                 {
320                     "fact": "events",
321                     "operator": "detected",
322                     "value": {
323                         "type": "zatvaranje-ulice-avnoja",
324                         "freshness": "last day"
325                     }
326                 }
327             ]
328         }
329     }
330 ]
331 }
```

```
326     }
327   ]
328 },
329   "event": {
330     "type": "action",
331     "params": {
332       "id": "0",
333       "name": "obavesti-gradjane-preko-fb-a",
334       "description": "Obavesti gradane preko FB-a",
335       "connector": "social-connector",
336       "frequency": "once",
337       "allowConsecutive": false,
338       "date": {
339         "from": "2022-07-22 16:00:00",
340         "to": "2022-07-22 20:00:00"
341       },
342       "content": {
343         "campaign": "Ulica Stevana Nemanje ce biti zatvorena za saobracaj i
transformisana u parking u toku trajanja koncerta."
344       }
345     }
346   }
347 },
348 {
349   "conditions": {
350     "all": [
351       {
352         "fact": "events",
353         "operator": "detected",
354         "value": {
355           "type": "nema-mesta-na-parkingu-iza-hotela-vrbak",
356           "freshness": "half an hour ago"
357         }
358       },
359       {
360         "fact": "events",
361         "operator": "detected",
362         "value": {
363           "type": "nema-mesta-na-parkingu-kod-hale-pendik",
364           "freshness": "half an hour ago"
365         }
366       },
367       {
368         "fact": "events",
369         "operator": "detected",
370         "value": {
371           "type": "nema-mesta-na-parkingu-iza-lucne-zgrade",
372           "freshness": "half an hour ago"
373         }
374       },
375       {
376         "fact": "events",
377         "operator": "detected",
378         "value": {
379           "type": "nema-mesta-na-parkingu-kod-doma-kulture",
380           "freshness": "half an hour ago"
381         }
382       },
383       {
384         "fact": "events",
385         "operator": "detected",
386         "value": {
387           "type": "zatvaranje-ulice-avnoja",
388           "freshness": "last day"
389         }
390       }
391     ]
392   },
393   "event": {
394     "type": "action",
395     "params": {
396       "id": "1",
397       "name": "zatvaranje-ulice-sn-za-saobracaj-a-otvaranje-za-parking",
398       "description": "Zatvaranje ulice S.N. za saobracaj, a otvaranje za
parking ",
399       "connector": "iot-connector",
400       "frequency": "once",
401       "allowConsecutive": false,
402       "date": {
403         "from": "2022-07-22 16:00:00",
404         "to": "2022-07-22 20:00:00"
405     },

```



```
406         "content": {
407             "nodeid": "4540533",
408             "mutationid": "36"
409         }
410     }
411 }
412 ],
413 "name": "SCO3"
414 }
415 }
```

SPISAK KORIŠĆENIH SKRAĆENICA

Skraćenica	Engleski termin	Srpski termin/značenje
ADC	Analog to digital converter	Pretvarač
API	Application programming interface	Programski interfejs aplikacije
B2S4B	Business to Social for Business	B2S4B
BP	Business Process	Poslovni proces
CEP	Complex Event Processing	Obrađivanje kompleksnih događaja
DA	Social action	Društvena akcija
DD	Event Detection	Detektor događaja
DT	Social flow	Društveni tok
EaaS	Everything as a Resource	Sve kao resurs
EPC	Electronic Product Code	Elektronski kod proizvoda
ESP	Espressif modules	ESP
FB	Facebook	Facebook
GI	Global score	Globalni ishod
GSN	Global Sensor Networks	Globalne senzorske mreže
HDFS	Hadoop Distributed File System	Hadoop distribuirani fajl sistem
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Protokol za prenos hiperteksta
IaaS	Infrastructure as a Service	Infrastruktura kao servis
IKT	Information and Communication Technologies	Informacione i Komunikacione Tehnologije
IoT	Internet of Things	Internet stvari
IP	Internet Protocol	Internet protokol
IPSO	IP for Smart Objects	IPSO
ITU	International Telecommunication Union	Internacionalna Telekomunikaciona Unija
JSON	JavaScript Object Notation	JSON
JSON-LD	JavaScript Object Notation Linked Data	JSON-LD
KI	Cumulative score	Kumulativni ishod
LI	Local score	Lokalni ishod
LSM	Linked Sensor Middleware	Middleware za povezane senzore
MCA	Mutation Control Application	Mutation Control Application
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems	Mikro-elektro-mehanički sistemi

MQTT	MQ Telemetry Transport	MQTT
NFC	Near Field Communication	Komunikacija kratkog polja
NIC	National Intelligence Council	Nacionalni konzulat inteligencije
NIST	National Institute of Standards and Technology	Nacionalni institut za standarde i tehnologiju
NLP	Natural Language Processing	Procesiranje prirodnih jezika
OTA	Over-The-Air	Preko-Vazduha
PaaS	Platform as a Service	Platforma kao servis
PA	Action Execution	Pokretač akcija
PZ	Business task	Poslovni zadatak
REST	REpresentational State Transfer	Prenos stanja reprezentacije
RFID	Radio Frequency Identification	Identifikacija radio frekvencijom
SaaS	Software as a Service	Softver kao servis
SC	Smart City	Pametni grad
SCO	Smart City Observer	Posmatrač Pametnog Grada
SDK	Software Development Kit	SDK
SM	Social Machine	Društvena mašina
SVM	Support Vector Machine	Metoda potpornih vektora
UAE	United Arab Emirates	Ujedinjenim Arapskim Emiratima
UID	Unique IDentifier	Unikatni identifikator
URI	Uniform Resource Identifier	Uniformni identifikator resursa
USB	Universal Serial Bus	USB
VAR		Vremenski označena autorizovana relacija
VMS	Variable Message Sign	Bilbordi
WISP	Wireless Identification and Sensing Platform	Platforma za bežičnu identifikaciju i posmatranje
WSN	Wireless Sensor Networks	Bežične senzorske mreže
XaaS	Everything as a Service	Sve kao servis

SPISAK SLIKA

Slika 1 Komponente senzorskog čvora	23
Slika 2 Cloud – Fog paradigme.....	26
Slika 3 Dozvoljene relacije na Facebook-u.....	44
Slika 4 Primer društvenog toka u vidu grafa gusenice.....	47
Slika 5 Tokovi u poslovnom i društvenom svetu.....	48
Slika 6 Arhitektura B2S4B platforme	50
Slika 7 Izračunavanje Globalnog ishoda i Kumulativnog ishoda na istom društvenom toku .	59
Slika 8 Društveni tok sa vrednostima pojedinačnih društvenih akcija na primeru Facebook-a	60
Slika 9 Arhitektura Društvenog konektora	66
Slika 10 Prikaz društvenog toka kampanje na Facebook-u preko Društvenog konektora.....	68
Slika 11 Detalji društvene akcije u društvenom toku	69
Slika 12 Rezultat korišćenja Metrike za merenje atraktivnosti kampanja (M1).....	69
Slika 13 Grafikon koji predstavlja dugotrajnost (Longevity)	70
Slika 14 Analiza trenda preokreta kampanje sa minimalnim pragom 3	70
Slika 15 Grafik stanja u procesu rekonfiguracije.....	74
Slika 16 Arhitektura IoT konektora za rekonfiguraciju ESP8266 uređaja (IoT Executor).....	75
Slika 17 Zahtev za direktnu rekonfiguraciju	77
Slika 18 Zahtev za rekonfiguraciju baziranu na sposobnostima.....	78
Slika 19 ESP8266 čip.....	79
Slika 20 Wemos D1 mini	80
Slika 21 Wemos D1 R1	80
Slika 22 LoLin NodeMCU	81
Slika 23 Algoritam rekonfiguracije uređaja baziranih na ESP8266 čipu	83
Slika 24 Lista registrovanih uređaja.....	86
Slika 25 Dodeljivanje rekonfiguracionog koda uređaju.....	86
Slika 26 Dodavanje sposobnosti uređaju	86
Slika 27 Lista rekonfiguracionih kodova	87
Slika 28 Rekonfiguracioni kod za “Normalan rad semafora”.....	87
Slika 29 Smart City Observer-i u pametnom gradu, samostalni i do SCO lanca	88

Slika 30 Životni ciklus SCO-a	89
Slika 31 Primer SCO lanca	94
Slika 32 Proces rekonfiguracije poslovnog procesa	105
Slika 33 C-DIKWD model.....	108
Slika 34 Tehnologije korišćene u toku implementacije B2S4B platforme	110
Slika 35 Kreiranje SCO1 koristeći B2S4B SCO dizajner.....	111
Slika 36 Kreiranje SCO2 koristeći B2S4B SCO dizajner.....	112
Slika 37 Definisanje pravila za detekciju događaja	112
Slika 38 Definisanje pravila za izvršavanje akcija.....	113
Slika 39 Proces izvršavanja unutar SCO.....	114
Slika 40 Prikaz korišćenja procesora na virtuelnoj mašini gde je pokrenut Docker.....	116
Slika 41 Prosečno korišćenje procesora u Linux sistemu	116
Slika 42 Prikaz korišćenja procesora kontejnera u kome se izvršava SCO instance u Docker kontejneru.....	117
Slika 43 Količina podataka koja se prenosi preko mreže u kontejneru.	117
Slika 44 Koordinacioni model IoT-Fog-Cloud.....	118
Slika 45 Mapa grada Novi Pazar podeljena u četiri regiona, gde je svaki region pokriven jednom instancom IoT konektora	122
Slika 46 Tok poruka u B2S4B platformi	124
Slika 47 SCO lanac koji se sastoji od SCO1, SCO2 i SCO3	126
Slika 48 Grafički prikaz SCO1	127
Slika 49 Grafički prikaz SCO ₂	129
Slika 50 Grafički prikaz SCO3	130
Slika 51 Radna površina za kontrolu simulatora izvora podataka	132
Slika 52 Simulacija semafora sa Wemos D1 mini mikrokontrolerom.....	134

SPISAK TABELA

Tabela 1 Usporedna analiza postojećih platformi pametnog grada (○ Da, ● Ne).....	31
Tabela 2 Kategorije društvenih akcija.....	41
Tabela 3 Društvene akcije na društvenim mrežama	42
Tabela 4 Ilustracija nekih autorizovanih relacija među društvenim akcijama	43
Tabela 5 Neke dozvoljene relacije na Facebook-u	45
Tabela 6 Wemos D1 mini tehnička specifikacija.....	80
Tabela 7 Wemos D1 R1 tehnička specifikacija	80
Tabela 8 LoLin NodeMCU tehnička specifikacija	81
Tabela 9 Vreme potrebno za rekonfiguraciju Wemos D1 mini	85
Tabela 10 Vreme potrebno za rekonfiguraciju LoLin NodeMCU.....	85
Tabela 11 Vreme potrebno za rekonfiguraciju Wemos D1 R1	85
Tabela 12 Rečnik karakteristika prvog nivoa SCO definicije.....	95
Tabela 13 Rečnik karakteristika "eventDetection" objekata.....	96
Tabela 14 Rečnik karakteristika "Content" objekata	96
Tabela 15 Rečnik karakteristika "DateTime" objekta.....	97
Tabela 16 Rečnik karakteristika "expectedEvents" objekta.....	97
Tabela 17 Rečnik karakteristika "all" ili "any" objekta koji je deo "expectedEvents" objekta.....	97
Tabela 18 Rečnik karakteristika "event" objekta koji je deo "expectedEvents" objekta	97
Tabela 19 Rečnik karakteristika "actionExecution" objekta.....	98
Tabela 20 Rečnik karakteristika "all" ili "any" objekta koji je deo "actionExecution" objekta	98
Tabela 21 Rečnik karakteristika "value" objekta	99
Tabela 22 Rečnik karakteristika "event" objekta koji je deo "actionExecution" objekta	99
Tabela 23 Rečnik dozvoljenih karakteristika "params" objekta	99
Tabela 24 Kriterijumi za odabir primaoaca podataka (JP: Jako preporučeno, P: preporučeno, NP: Nije preporučeno, NMP: ne može se primeniti)	120
Tabela 25 Prikaz količine razmenjenih podataka (IoT svet - IoT, Društveni svet – DS, Konektori - K, SCO - SCO, Analizator – A, Menadžer - M).....	123

SPIŠAK LISTINGA

Listing 1 Izračunavanje Lokalnog/Globalnog ishoda	57
Listing 2 Primer SCO definicije.....	100
Listing 3 Primer pravila u repozitorijumu Znanje	104
Listing 4 SCO ₁ definicija	151
Listing 5 SCO ₂ definicija	154
Listing 6 SCO ₃ definicija	157

BIOGRAFIJA AUTORA

Emir Ugljanin je rođen u Novom Pazaru 8. septembra 1984. godine gde je završio osnovnu školu i Gimnaziju. Tehnički fakultet je završio na Državnom Univerzitetu u Novom Pazaru 2007. godine sa prosekom 9.4 gde je stekao zvanje *Diplomirani informatičar*. Master studije je završio na Fakultetu Tehničkih Nauka na Univerzitetu u Novom Sadu 2010. godine sa prosekom 9.0 na temu „Primena ontologija u obrazovanju“ i stekao zvanje *Diplomirani inženjer računarstva i automatike*. Doktorske studije je upisao na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu 2010. godine.

Radio je Državnom Univerzitetu u Novom Pazaru kao saradnik u nastavi, potom i kao asistent u periodu od 2008. do 2018. godine na predmetima vezanim za programiranje i internet.

Učestvovao je na projektima Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja, informacione tehnologije i to:

- TR13012 Razvoj softverskih sistema za podršku poslovanja malih i srednjih Preduzeća, rukovodilac Miroslav Lutovac
- TR13018 Integralni i optimizirani proces Testiranja i Održavanja softvera IKS (Informaciono komunikacionih sistema), rukovodilac Ljubomir Lazić
- III-44007 Nove informacione tehnologije za analitičko odlučivanje bazirane na organizaciji eksperimenta i njihova primena u biološkim, ekonomskim, i sociološkim sistemima, Nosilac Državni Univerzitet u Novom Pazaru, Rukovodilac Prof. Dr Ćemal Dolićanin.

Kao autor/koautor objavio je radove u časopisima međunarodnog značaja kao i na konferencijama. Objavljeni radovi su iz oblasti IoT-a, društvenih mreža i pametnih gradova.

Oženjen je, i ima ćerku i dva sina.

IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem da je doktorska disertacija, pod naslovom

PLATFORMA ZA INTERAKCIJU SA DRUŠTVENIM MREŽAMA I INTERNETOM STVARI U PAMETNIM GRADOVIMA

koja je odbranjena na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu:

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da ovu disertaciju, ni u celini, niti u delovima, nisam prijavljivao na drugim fakultetima, niti univerzitetima;
- da nisam povredio autorska prava, niti zloupotrebio intelektualnu svojinu drugih lica.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci, koji su u vezi sa autorstvom i dobijanjem akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada, i to u katalogu Biblioteke, Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Nišu, kao i u publikacijama Univerziteta u Nišu.

U Nišu, _____.

Potpis autora disertacije:

Emir Ugljanin
Emir Ugljanin

**IZJAVA O ISTOVETNOSTI ŠTAMPANOG I ELEKTRONSKOG OBLIKA
DOKTORSKE DISERTACIJE**

Naslov disertacije:

**PLATFORMA ZA INTERAKCIJU SA DRUŠTVENIM MREŽAMA
I INTERNETOM STVARI U PAMETNIM GRADOVIMA**

Izjavljujem da je elektronski oblik moje doktorske disertacije, koju sam predao za unošenje u **Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu**, istovetan štampanom obliku.

U Nišu, _____.

Potpis autora disertacije:

Emir Ugljanin
Emir Ugljanin

IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Nikola Tesla“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu unese moju doktorsku disertaciju, pod naslovom:

PLATFORMA ZA INTERAKCIJU SA DRUŠTVENIM MREŽAMA I INTERNETOM STVARI U PAMETNIM GRADOVIMA

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom obliku, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju, unetu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu, mogu koristiti svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
- 3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)**
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerade (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

U Nišu, _____.

Potpis autora disertacije:

Emir Ugljanin
Emir Ugljanin