

Kontekstno-svesna platforma pametnog zdravstva zasnovana na IoT i Crowdsourcing-u

Aldina Avdić, Ejub Kajan
Departman za tehničke nauke
Državni univerzitet u Novom Pazaru
Novi Pazar, Srbija
apljaskovic@np.ac.rs, ekajan@np.ac.rs

Dragan Janković, Dženan Avdić*
Elektronski fakultet
Univerzitet u Nišu
Niš, Srbija
dragan.jankovic@np.ac.rs, dzavdic@gmail.com

Sažetak— Nezaustavljivi razvoj informacionih tehnologija i širenje oblasti njihove primene omogućio je stvaranje novih koncepata. Jedan od tih savremenih koncepata jeste i koncept pametnog grada. U pametnom gradu pametan može biti saobraćaj, uprava, poslovni procesi, privreda, zdravstvo itd. U ovom radu prikazan je opis kontekstno svesne platforme pametnog zdravstva, zasnovane na IoT koja bi stanovnicima pametnih gradova pružila podršku u vidu vizuelizacije podataka o kvalitetu vazduha u njihovom okruženju, slanja obaveštenja ukoliko su u opasnosti i pružanja medicinske pomoći. Platforma je interaktivna i pruža mogućnost obrade informacija koje korisnici šalju, kao i zahteve za pomoć.

Ključne riječi- e-zdravstvo, crowdsourcing, kontekst, kvalitet vazduha, IoT, p-zdravstvo, pametni grad;

I. UVOD

Sa razvojem senzorskih tehnologija, značajno je povećan broj konektovanih uređaja sposobnih da prikupljaju informacije i komuniciraju sa okolinom u koju su ugrađeni, formirajući osnovu za IoT (internet stvari – eng. Internet of Things). Ovakvi uređaji omogućili su razvoj nove vrste aplikacija koje mogu učiniti gradove inteligentnijim, unapređujući gradsku infrastrukturu i samim tim svakodnevni život građana. Kao rezultat interakcije između više aplikacija, formira se veliki broj podataka iz kojeg se može izvući korisno znanje [1, 2].

IoT uređaji proširuju opseg korišćenja aplikacija, povećavajući mogućnosti za projektovanje inteligentnih gradova, a mogu biti primenjene u domenu zdravstva, pametnog saobraćaja, komunalne infrastrukture, administracije i sl. Koncept pametnog grada koristi informaciono-komunikacione tehnologije u kombinaciji sa javnim resursima, gradskom infrastrukturom i socijalnim informacijama u cilju obezbeđenja usluga i poboljšanja kvaliteta života stanovnika, kao i podrške javnoj administraciji [3].

U velikim gradovima javljaju se različiti problemi koji loše utiču na kvalitet života njihovih stanovnika. Cilj pametnih gradova je da se reše problemi poput neefikasnog parkiranja, da se omogući kontrola epidemija, i da se prati i poboljšava kvalitet vazduha i sl. S tim u skladu, javno dostupne informacije o kvalitetu vazduha na teritoriji grada bile bi od koristi svima, a pogotovo plućnim bolesnicima. U

tom kontekstu, istraživali bi se i analizirali podaci obezbeđeni od strane pametnih uređaja, stanovništva i senzora ugrađenih u infrastrukturu pametnog grada.

Crowdsourcing je metoda za prikupljanje podataka od strane korisnika koji dobrovoljno u tome učestvuju [4]. Servisi pametnog grada zasnovani na ovoj metodi omogućavaju povratnu informaciju od stanovnika pametnog grada.

Motivacija za ovaj rad je poboljšanje uslova života stanovnika pametnog grada, pogotovu onih koji imaju plućna oboljenja. Ovaj rad predlaže arhitekturu sposobnu da prikuplja podatke sa različitih tipova IoT uređaja i od stanovnika i manipuliše njima koristeći tehnike analiziranja podataka u cilju obaveštavanja građana o kvalitetu vazduha u njihovoj neposrednoj blizini, i pruža mogućnost eventualnog pružanja pomoći ukoliko se građanin nađe u kriznoj situaciji. Predložena arhitektura može postati korisan alat/servis za pametno zdravstvo.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugoj sekciji opisana su povezana istraživanja. Treća sekcija daje informacije o indeksu kvaliteta vazduha i njegovom uticaju na zdravlje, a zatim sledi predlog i opis arhitekture kontekstno-svesne platforme pametnog zdravstva (p-zdravstva) [5]. Na kraju je dat zaključak i pravci daljeg istraživanja.

II. STANJE U OBLASTI

Praćenje zagađenja vazduha u gradovima zanimljivo je sa raznih stanovišta. Zagađenje utiče na zdravlje ljudi, pa je deo publikacija okrenut ka tim analizama, a i da bi se pratilo potrebni su senzori, pa jedan deo publikacija predlaže hardversku implementaciju sistema za monitoring. Kako je naš predlog zasnovan na prikupljanju, analizi i vizuelizaciji podataka o kvalitetu vazduha i interakciji sa građanima pametnog grada, u nastavku su navedeni radovi koji su imali najveći uticaj na formiranje našeg rešenja ovog problema.

Relevathy i dr. u [6] opisali su zašto je značajno da postoji sistem za praćenje kvaliteta vazduha, kako određeni zagađivači utiču na zdravstveno stanje i kako senzorski podržati takav sistem. Corno i dr. u [7] predlažu platformu koja bi vršila sakupljanje i vizuelizaciju podataka o zagađenju grada, pri čemu bi se senzori za merenje

zagađenja nalazili na pametnim biciklima. Garzon i dr. u [8] opisuju prototip mobilne aplikacije koja služi za obaveštavanje građana pametnog grada o kvalitetu vazduha, na primeru Novog Zelanda. U [9] sistem za praćenje zagađenja je zasnovan na Web-u, ali ima podršku za Android telefone i notifikacije u slučaju prekoračenja praga zagađenja.

Alshamsi i dr. u [10] opisuju sistem za praćenje zagađenja zasnovan na IoT koji ima mogućnost slanja notifikacije ljudima i okolini i odgovarajućoj centrali u slučaju prekoračenja praga zagađenja. Calbimonte i dr. u [11] opisuju semantičke slojeve podataka u sistemima za praćenje kvaliteta vazduha za pametne gradove, kao i studije koje dovode u vezu zdravlje i kvalitet vazduha. Predlog za vizuelizaciju podataka o kvalitetu vazduha dobijenih sa senzora tokom vožnje automobilom u kom su instalirani, opisan je u radu [12].

Dutta i dr. u [4, 13] opisuju arhitekturu sistema koja je bazirana na sensorima i na sakupljanju podatka od korisnika i pruža vizuelizaciju mapa zagađenja. Mehta u [14] opisuje sistem za praćenje kvaliteta vazduha i predikciju, namenjen pametnom zdravstvu. Zheng i dr. u [15] opisuju značaj BigData u sistemima za praćenje kvaliteta vazduha.

U Srbiji postoji vizuelizacija, ali je broj lokacija i gradova pokrivenih vizuelizacijom veoma mali, pri čemu nikakva interakcija sa građanima nije obezbeđena [16].

Naše rešenje objedinjuje prednosti predloženih rešenja opisanih u gore navedenim radovima. Podaci se sakupljaju sa senzora koji imaju fiksnu lokaciju u infrastrukturi pametnog grada. Sistem radi u službi pametnog zdravstva. Zasnovan je na crowdsourcing-u i IoT. Pruža podatke i na Web stranici i na mobilnom telefonu ili drugom pametnom uređaju. Ali je i interaktivan, tj. iako prima informacije od korisnika, takođe šalje notifikacije korisnicima. Takođe, nudi mogućnost poziva u pomoć sa date lokacije, pri čemu se aktivira medicinska služba za hitne situacije. Znajući lokaciju korisnika i eventualno njegove privatne podatke, omogućava efikasnije pružanje pomoći u hitnim slučajevima.

III. INDEKS KVALITETA VAZDUHA I UTICAJ NA ZDRAVLJE

Indeks kvaliteta vazduha (en. AQI - Air Quality Index – u daljem tekstu IKV) je vrednost kojom se izveštava kvalitet vazduha na dnevnom nivou [17]. On govori o tome koliko je vazduh čist ili zagađen i kako je to povezano sa zdravstvenim stanjem ljudi podneblja na kome se meri.

TABELA I. ZAGAĐIVAČI NA OSNOVU KOJIH SE RAČUNA IKV

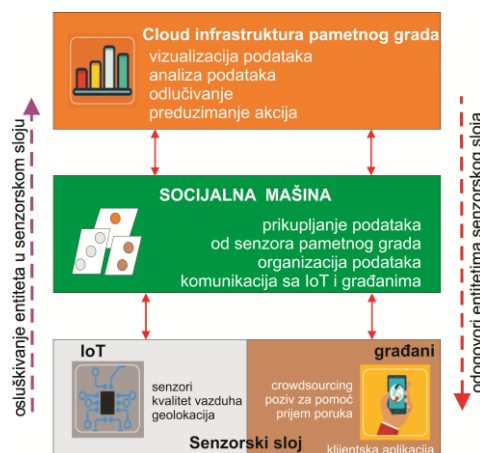
IKV govori o efektima na zdravlje koji se mogu pojaviti u periodu od nekoliko časova ili dana nakon udisanja zagađenog vazduha. EPA [18] izračunava IKV za pet najvećih zagađivača vazduha regulisanih od strane Clean Air Act [19]: ozon, parcijalno zagađenje, ugljen monoksid, sumpor dioksid i azot dioksid. Za svaki od ovih zagađivača, EPA uspostavlja nacionalne standarde kvaliteta vazduha u cilju zaštite zdravstva stanovništva. Prema SEPA [16], najveće zagađenje u Srbiji izaziva PM10.

Vrednost IKV može da varira između 0 i 500. Veća vrednost IKV-a ukazuje na veći stepen zagađenja i veći uticaj na zdravstveno stanje. Na primer, vrednost IKV od 50 predstavlja dobar kvalitet vazduha sa malom mogućnošću odražavanja na javno zdravlje, dok vrednosti iznad 300 prikazuju kvalitet vazduha opasan po zdravlje. Svakoju kategoriji odgovara različit nivo zabrinutosti za zdravstveno stanje i svakome je pridružena odgovarajuća boja. Cilj indeksa kvaliteta vazduha pomaže da razumemo kako lokalni kvalitet vazduha utiče na naše zdravlje. Njegove vrednosti podeljene su u šest kategorija prikazanih tabelom 1.

IV. OPIS I ARHITEKTURA PLATFORME

U slučaju kada ne postoji informaciono-komunikaciona infrastruktura pametnog grada namenjena praćenju zagađenja i povezana sa zdravstvom, mogućnosti građana su sledeće: (1) građanin ima ili uopšte nema online informaciju o kvalitetu vazduha u svom gradu; (2) ukoliko ima informacije, mora sam zaključiti o tome da li je kvalitet vazduha loš u njegovoj neposrednoj blizini; (3) ukoliko građanin uoči neki problem ili kritičnu situaciju, ne zna kome tačno da se obratiti, a da informacija stigne do svih kojima je neophodna i (4) ako građanin dođe u lošu zdravstvenu situaciju, sam mora zvati hitnu pomoć (ili neko iz njegove okoline), a zatim ih obavestiti o svojoj lokaciji, i ličnim podacima i anamnezi.

Nivo indeksa kvaliteta vazduha	Značenje	Brojna vrednost
Dobro	Zadovoljavajući nivo kvaliteta vazduha; uticaj na zdravlje mali i bez rizika	0-50
Umereno	Prihvatljiv nivo kvaliteta vazduha sa umerenim uticajem na zdravlje malog broja ljudi	50-100
Nezdravo za osetljive grupe	Nivo kvaliteta vazduha koji može da utiče na zdravlje osetljivih grupa	101-150
Nezdravo	Svi mogu da budu izloženi negativnim efektima zagađenja na zdravlje, osetljive grupe mogu imati ozbiljnije zdravstvene probleme	151-200
Veoma nezdravo	Alarmantno stanje: svi mogu osetiti negativne efekte zagađenja na zdravlje	201-300
Opasno	Kritična situacija, zdravlje cele populacije je pogođeno zagađenjem.	301-500



*Student doktorskih studija na Elektronskom fakultetu

Sl. 1. Slojevita arhitektura kontekstno-svesne platforme

Predloženi sistem za praćenje kvaliteta vazduha počiva na pametnoj infrastrukturi grada koja prikuplja podatke sa senzora o kvalitetu vazduha sa odgovarajućih lokacija u pametnom gradu. Arhitektura se sastoji od tri sloja kako je prikazano na slici 1.

Sloj senzora obuhvata mašinske senzore pametnog grada, u ovom konkretnom slučaju senzori za merenje kvaliteta vazduha i pametni uređaji kod građana koji aktivno učestvuju u inicijativi pametnog grada. Ovi pametni uređaji su istovremeno i davači geolokacije sa koje građanin izveštava o aero incidentu ili traži pomoć, npr. Sloj senzora obuhvata i humane senzore, građane kao najpametnije entitete u pametnom gradu. Ovi humani senzori su značajni izvori informacija koji se slivaju u aplikacije pametnog grada, u konkretnom slučaju pametno zdravlje.

Sloj socijalnih mašina služi za prihvatanje podataka od senzorskog sloja, njihovo organizovanje u klastere po određenim pravilima i prosleđivanje odgovarajućoj aplikaciji pametnog grada. Socijalne mašine su u suštini konvergencija tri vizije: socijalnog softvera, ljudi kao jedinica za obradu i softvera koji se može socijalizirati [20]. Ovaj sloj služi kao svojevrsan višenamenski middleware koji s jedne strane odvaja heterogenost senzora i aplikacija (njihovih poslovnih procesa) čije je funkcionisanje direktno zavisno od podataka sa senzorskog sloja, a s druge strane uspostavlja povezivanje socijalnih i poslovnih artefakata [21]. Nigam i Caswell definišu *poslovne artefakte* kao konkretno prepoznatljivo i samoopisujuće parče informacije koje ljudi upotrebljavaju da odrade dodeljeni posao [22]. Npr. slog iz medicinskog kartona pacijenta pomaže lekaru da propiše adekvatnu terapiju. *Socijalne artefakte* u kontekstu pametnih gradova definisali su Kajan i dr. kao formu online aktivnosti (tweet, tag, i sl.) koja se dešava preko neke otvorene Web 2.0 aplikacije, generalno preko svepristupnog Weba uključujući podatke emitovane sa senzora i akcije pokrenute senzorskim signalima [23]. U kontekstu ovog rada online aktivnosti potiču sa senzorskog sloja, dok se poslovni procesi izvršavaju u cloud-baziranim aplikacijama pametnog grada.

Algoritam 1: AlertingIfInPollutedLocation(ArrayOfSubscribedCitizens citizens)

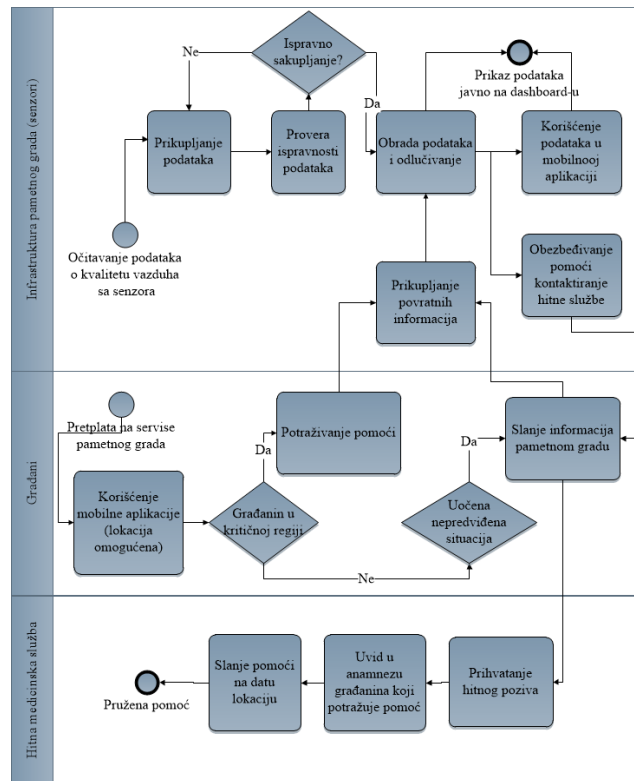
```

1: sensorLocations ← s.getAllSensorsLocations();
2: i ← 0;
3: foreach sensorLocations[i] do
4: airQuality ← getAirQualityData(sensorLocations[i]);
5: if unhealthy(airQuality) then
6: j ← 0;
7: pollutedLocation ← sensorLocations[i];
8: foreach citizens[j] do
9: if NearBy(pollutedLocation, citizens[j].location) then
10: sendNotificationTo(citizens[j]);
11: endif
12: j++;
13: done
14: endif
15: i++;
16: done
    
```

Sl. 2. Algoritam upozoravanja građana na povećano aerozagađenje

Sloj cloud infrastrukture sastoji se od adekvatnih aplikacija koje podržavaju inicijative pametnog zdravlja u nekom gradu. U kontekstu ovoga rada ovaj sloj bavi se analizom podataka sa senzora koji stižu iz senzorskog sloja na osnovu interakcije socijalnih mašina sa odgovarajućim

senzorima i građanima koji koriste servis pametnog grada. Ovaj sloj sistema na osnovu ulaznih podataka vrši i odlučivanje, npr. da li nekome treba poslati notifikaciju ili pomoć. Algoritam za upozoravanje građana prikazan je na slici 2. Ovim slojem se obezbeđuje i klasifikacija u koju grupu trenutne vrednosti zagađenja spadaju i njihova vizuelizacija. Mape zagađenosti dostupne su svima na kontrolnoj tabli (dashboardu) Web portala ili mobilnoj aplikaciji kod građana. U slučaju opasnosti građanima se upućuje upozorenje, a u slučaju zahteva za pomoć adekvatna medicinska podrška.



Sl. 3. BPMN dijagram platforme za praćenje kvaliteta vazduha

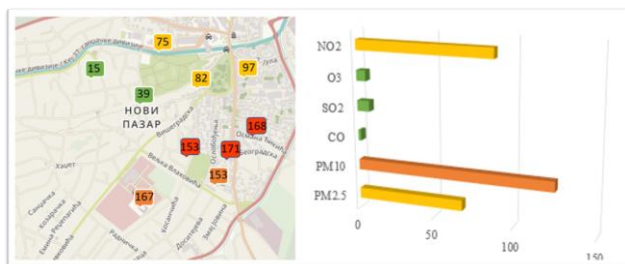
Scenario korišćenja predložene platforme je opisan BPMN dijagramom prikazanom na slici 3, koji opisuju sledeći scenario:

1. prikupljaju se podaci na teritoriji pametnog grada o kvalitetu vazduha sa senzora.
2. nakon obrade, oni su prikazani javno na dashboard-u.
3. građani se mogu i pretplatiti na ovaj servis instaliranjem mobilne aplikacije, ostavljajući svoje lične podatke. Ova pogodnost od posebnog je značaja za astmatičare, tj. plućne bolesnike.
4. Prvi scenario: Aplikacija ima podatke o lokaciji korisnika, i u slučaju da se on nađe na zagađenoj teritoriji na kojoj nije preporučljivo da bude, aplikacija ga o tome obaveštava.
5. Drugi scenario: Ukoliko građanin ima zdravstveni problem, ili poteškoću, može pritisnuti taster na aplikaciji koji označava molbu za pomoć.
6. Ukoliko je građanin pritisnuo taster za pomoć, to se javlja zdravstvenim službama koje primaju ovaj

poziv. Pošto u startu znaju lične podatke pacijenta i lokaciju gde se nalazi, moguće je pogledati njegov zdravstveni karton i poslati najbliže vozilo na datoj lokaciji, kako bi se pomoću građaninu što pre i što efikasnije ukazala.

7. Treći scenario: Ako građanin primeti neku kritičnu situaciju (npr. požar), može poslati obaveštenje aplikaciji o tome, a aplikacija će, nakon obrade i utvrđivanja istinitosti, objaviti te podatke na informacionom panelu (dashboard-u).

Na slici 4 prikazana je mapa neposrednog okruženja korisnika i vrednosti IKV-a koje pokazuju senzori koji se nalaze na označenim lokacijama u blizini.



Sl. 4. Mape zagađenja i vizuelizacija vrednosti zagađivača

Boja ukazuje na stepen zagađenja i njegovu vezu sa uticajem na zdravlje stanovnika.

V. ZAKLJUČAK

Postojeća rešenja koja se bave praćenjem kvaliteta vazduha ne nude sveobuhvatni sistem koji prikuplja podatke i sa senzora i od građana, koji analizira, klasifikuje, vizuelizuje, šalje notifikacije građanima, ili pomoć, tj. povezivanje građana sa hitnom medicinskom službom. U odnosu na postojeća rešenja u našoj zemlji, ovaj sistem je upotrebljiv, ali je za njegovu realizaciju potrebno da se senzori postave na što većem broju lokacija, kao i edukacija i dobrovoljnost građana da koriste i učestvuju u funkcionisanju samog sistema. Predloženi koncept je dovoljno otvoren da može da obuhvati i druge usluge pametnog grada kao što su zaštita životne sredine, saobraćaj, upravljanje otpadom, ili ušteda energije.

Naredna istraživanja su vezana za stavljanje koncepta socijalne mašine u puni potencijal uključujući i upravljanje poslovnim procesima zdravstvene zaštite preko tehnika Web 2.0. kao i za pružanje pune privatnosti korisnicima bez eksponiranja njihovih zdravstvenih i drugih ličnih podataka.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delemično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije po projektima III44007 i ON 174026.

LITERATURA

- [1] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities", IEEE Internet of Things journal, vol. 1(1), pp. 22-32, 2014.
- [2] P. D. S. Tavares, and E. B. Rodrigues, "IoT-Based Architecture for Data Analytics of Arboviruses in Smart Cities", In 2018 IEEE

Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp. 952-957, June 2018.

- [3] T. Nam, and T.A. Pardo, "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, June 2011.
- [4] J. Dutta, F. Gazi, S. Roy, and C. Chowdhury, "AirSense: Opportunistic crowd-sensing based air quality monitoring system for smart city", IEEE SENSORS, pp. 1-3, 2016.
- [5] A. Avdić, and D. Janković, "Značaj e-Zdravstva u konceptu pametnih gradova", 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, pp. 383-387, March 2018.
- [6] V.S. Revathy, K. Ganesan, K. Rohini, S.T. Chindhu, and T. Boobalan, "Air pollution monitoring system", IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, vol. 11(2), pp. 27-40. Mart 2016.
- [7] F. Corno, T. Montanaro, C. Migliore, and P. Castrogiovanni, "SmartBike : an IoT Crowd Sensing Platform for Monitoring City Air Pollution", International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 7(6), pp. 3602-3612, 2017.
- [8] S.R. Garzon, S. Walther, S. Pang, B. Deva and A. Küpper, "Urban air pollution alert service for smart cities", In: Proceedings of the 8th International Conference on the Internet of Things. ACM, p. 9, 2018.
- [9] S.R. Khodve, and A.N. Kulkarni, "Web Based Air Pollution Monitoring System (Air Pollution Monitoring Using Smart Phone)", International Journal of Science and Research (IJSR), vol. 5(3), pp. 266-269, 2016.
- [10] A. Alshamsi, Y. Anwar, M. Almulla, M. Aldohoori, N. Hamad, and M.R. Awad, "Monitoring pollution: Applying IoT to create a smart environment", 2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA), pp. 1-4, 2017.
- [11] J. Calbimonte, J. Eberle, and K. Aberer, "Semantic Data Layers in Air Quality Monitoring for Smarter Cities", In: Proc. of the 6th Workshop on Semantics for Smarter Cities S4SC 2015, at ISWC 2015. 2015.
- [12] B. Braem, S. Latré, P. Leroux, P. Demeester, T. Coenen, and P. Ballon, "Designing a smart city playground: Real-time air quality measurements and visualization in the City of Things testbed", IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), pp. 1-2, 2016.
- [13] J. Dutta, C. Chowdhury, S. Roy, A.I. Moidy, and F. Gazi, "Towards Smart City: Sensing Air Quality in City based on Opportunistic Crowd-sensing", In Proceedings of the 18th International Conference on Distributed Computing and Networking ACM, p. 42, 2017.
- [14] Y. Mehta, M.M. Pai, S. Mallisery, and S. Singh, "Cloud enabled air quality detection, analysis and prediction - A smart city application for smart health", 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC), pp. 1-7, 2016.
- [15] Y. Zheng, F. Liu, and H. Hsieh, "U-Air: when urban air quality inference meets big data", In: Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. ACM, pp. 1436-1444, 2013.
- [16] SEPA, <http://www.amskv.sepa.gov.rs/stanicepodaci.php>
- [17] AIR NOW, <https://airnow.gov>
- [18] EPA, <https://www.epa.gov/outdoor-air-quality-data>
- [19] EPA, Clean Air Act, <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview>
- [20] N. Shadbolt, "Knowledge acquisition and the rise of social machines", International Journal of Human-Computer Studies. vol. 71(2), pp. 200-205, 2013.
- [21] V.A. Buregio, Z. Maamar, and S.R. Meira, "An architecture and guiding framework for the social enterprise", IEEE Internet Computing, vol. 19(1), pp. 64-68, 2015.
- [22] A. Nigam, and N.S. Caswell, "Business Artifacts: An Approach to Operational Specification", IBM Systems Journal, vol. 42(3), 2013.
- [23] E. Kajan, V.A. Buregio, Z. Maamar, M. Sellami, and E. Ugljanin, "Knowledge as a service to support smart cities", ICIST, Dubai, pp. 17-26, March 2017.

ABSTRACT

This paper deals with the context-aware smart healthcare platform, based on IoT, which provides support to smart cities' citizens in the form of air quality visualization in their surroundings, sending notifications if they are in danger and providing medical assistance. The platform is interactive, so the information sent by the users and the requests for help will be processed.

CONTEXT-AWARE SMART HEALTHCARE PLATFORM BASED ON IOT AND CROWDSOURCING

Aldina Avdić, Ejub Kajan, Dragan Janković, Dženan
Avdić