

# SISTEM ZA PROCENU KVALITETA VAZDUHA I PREPORUKU MERA ZAŠTITE

## Članovi tima

- Luka Farkaš, SV63/2021
- Bojan Gelić, SV30/2021

## Motivacija

Kvalitet vazduha je jedan od ključnih faktora koji direktno utiče na ljudsko zdravlje i kvalitet života. Zagađenje vazduha predstavlja globalni problem, jer povišene koncentracije štetnih čestica i gasova dovode do povećanog rizika od respiratornih i kardiovaskularnih oboljenja, smanjenja produktivnosti i značajnih ekonomskih troškova za društvo. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (SZO), zagađenje vazduha svake godine uzrokuje oko sedam miliona prevremenih smrti širom sveta, pri čemu su najugroženiji stanovnici urbanih područja i zemlje u razvoju.

Srbija se nalazi među najzagađenijim zemljama u Evropi, sa prosečnim nivoom PM2.5 od oko  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , što je višestruko iznad preporuke SZO od  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Procene pokazuju da zagađenje vazduha godišnje uzrokuje više od 12.000 prevremenih smrti, a najugroženiji su građani većih gradova poput Beograda, Novog Sada, Niša i Valjeva, naročito tokom grejne sezone kada dominiraju individualna ložišta na ugalj i drva. Glavni izvori su sagorevanje fosilnih goriva, zastarela vozila i industrijske emisije, što čini problem hroničnim i teško rešivim. Iz tih razloga je odabrana tema projekta, kako bi se kroz znanjem vođeno rezonovanje građanima pružio jasan uvid u stanje vazduha i pravovremene preporuke za smanjenje zdravstvenog rizika.

## Pregled problema

Kvalitet vazduha u Srbiji i regionu već godinama predstavlja ozbiljan zdravstveni i ekološki izazov. Iako građani sve više koriste aplikacije i vidžete za praćenje stanja, dostupna rešenja uglavnom nude samo osnovne informacije – trenutni nivo jednog polutanta ili zbirni AQI (*Air Quality Index*), odnosno indeks kvaliteta vazduha. Ovakva rešenja imaju više nedostataka: ne kombinuje podatke iz različitih izvora i retko pruža istorijski pregled i dinamiku zagađenja. Poseban problem je što korisnicima nude opšte preporuke, bez obzira na njihove godine, zdravstveno stanje ili pripadnost rizičnim

grupama. Dodatno trenutni sistemi su „crne kutije“: korisnik dobija broj ili status (npr. „loš vazduh“), ali ne i objašnjenje zbog čega je takva procena dodeljena, niti jasne i praktične smernice kako da se ponaša u datoj situaciji. Zbog toga građani često ne znaju koliko ozbiljno treba da shvate upozorenje, niti kako da se zaštite.

## Predlog rešenja

Predloženi sistem rešava ove nedostatke korišćenjem:

- rule-based ulančavanja različitih izvora podataka (PM2.5, PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, vremenski uslovi),
- accumulate mehanizama za izračunavanje satnih i dnevnih proseka i praćenje istorije,
- CEP pravila za detekciju naglih promena i eskalaciju hitnosti.

Pored toga, sistem nudi jasne i objašnjive odluke – korisnik dobija ne samo informaciju o kategoriji zagađenja, već i razloge zbog kojih je ta kategorija dodeljena, uz konkretne preporuke prilagođene različitim profilima korisnika. Na ovaj način sistem prevazilazi ograničenja postojećih rešenja i građanima nudi alat koji je praktičan, razumljiv i zdravstveno relevantan.

## Metodologija rada

### Tipovi korisnika

Sistem ima sledeće tipove korisnika:

- Građani – zdrave odrasle osobe: dobijaju informacije o trenutnom stanju zagađenja vazduha i opšte preporuke za ponašanje, u zavisnosti od nivoa zagađenja, u realnom vremenu.
- Rizične grupe (deca, starije osobe, hronični bolesnici, trudnice): dobijaju specijalizovane preporuke i upozorenja.
- Institucije (opciono – škole, vrtići, bolnice): mogu koristiti sistem za donošenje odluka o obustavi aktivnosti na otvorenom ili zaštiti ugroženih grupa.

### Ulazi u sistem (input)

Ulazi u sistem su:

- Merenje polutanata, koncentracija zagađujućih materija: PM2.5, PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, sa vremenskom oznakom.

- Vremeski uslovi: temperatura, vlažnost, brzina vetra, padavine, pritisak.
- Kontekstualni podaci (opciono): gustina saobraćaja, industrijska aktivnost, doba dana, sezona (zimski/letnji period).
- Korisnički profil: osnovne karakteristike korisnika ili grupe (dete, starija osoba, osoba sa hroničnim bolestima disajnih puteva, zdrava odrasla osoba).

## Izlazi iz sistema (output)

Izlazi iz sistema su:

- Kategorija kvaliteta vazduha: dobar, umeren, loš, opasan.
- Objašnjenje odluke: evidencija (koji polutanti i uslovi su doveli do zaključka).
- Preporuke za ponašanje (npr. „Izbegavajte napor na otvorenom“, „Nosite masku P2/P3“, „Ostanite u zatvorenom prostoru“).
- Personalizovane preporuke po tipu korisnika (deca, hronični bolesnici, stariji).
- Upozorenja u realnom vremenu (ako se detektuju nagli skok zagađenja – CEP pravilo).
- Izveštaji i trendovi: istorijski podaci o kvalitetu vazduha, poređenje po periodima, analiza uzorka.

## Baza znanja

Ontologija domena:

- Polutanti: PM2.5, PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>
- Vremenski uslovi: temperatura, vetar (slab, umeren, jak), padavine (kiša, sneg), vlažnost, pritisak
- Kategorije kvaliteta vazduha: dobar, umeren, loš, veoma loš, opasan
- Tipovi korisnika: opšta populacija, deca, stariji, hronični bolesnici, institucije
- Preporuke: opšte (za sve) i personalizovane (po tipu korisnika)

Pravila u bazi znanja:

1. Pravila za mapiranje koncentracija → nivo rizika
  - $PM_{2.5} \leq 15 \rightarrow \text{DOBAR}$
  - $15 < PM_{2.5} \leq 35 \rightarrow \text{UMEREN}$

- $35 < \text{PM}_{2.5} \leq 55 \rightarrow \text{LOŠ}$
- $\text{PM}_{2.5} > 55 \rightarrow \text{OPASAN}$
- $\text{PM}_{10} \leq 25 \rightarrow \text{DOBAR}$
- $25 < \text{PM}_{10} \leq 50 \rightarrow \text{UMEREN}$
- $50 < \text{PM}_{10} \leq 100 \rightarrow \text{LOŠ}$
- $\text{PM}_{10} > 100 \rightarrow \text{OPASAN}$
- Slično se definišu granice za  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , uzete iz EU i WHO standarda).

## 2. Pravila za kombinovanje indikatora

- Ukupna kategorija određuje se prema najgorem rezultatu (ili najvišem „score-u“).
- Ako su vrednosti različitih polutanata u različitim kategorijama, konačna kategorija se određuje prema najgorem rezultatu.
- Ako dva ili više polutanata prelazi prag za „loš“ ili više, stanje se dodatno pogoršava, degradira se kategorija za dodatni nivo (npr. iz „loš“ u „veoma loš“).

## 3. *Accumulate* pravila

- Ako je prosečan  $\text{PM}_{2.5}$  u poslednjih 24h veći od  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow$  degradirati kategoriju za jedan nivo.
- Ako je u poslednja 3 sata više od 2 puta  $\text{PM}_{10} > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow$  generisati upozorenje za dugotrajno zagađenje.
- Ako se tokom 7 dana uzastopno beleži „loš“ kvalitet vazduha  $\rightarrow$  preporuka institucijama da razmotre ograničavanje saobraćaja.

## 4. CEP pravila (dinamika – detekcija događaja u realnom vremenu)

- Ako u poslednjih 30 minuta  $\text{PM}_{2.5}$  naglo skoči za više od  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow$  generisati upozorenje „nagli porast zagađenja“.
- Ako je vazduh opasan duže od 6 sati zaredom  $\rightarrow$  upozorenje za institucije (vrtiće, škole).
- Ako su vetar = slab i  $\text{PM}_{2.5}$  konstantno visok preko  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tokom 12h  $\rightarrow$  preporuka da se očekuju dugotrajno zadržavanje smoga.

## 5. *Forward chaining* (planiranje/preporuke)

- Od merenja i kombinovanja pravila sistem zaključuje kategoriju i kreira preporuke:
  - Umeren: izbegavanje naporne aktivnosti napolju.
  - Loš: osetljive grupe da ostanu unutra.
  - Opasan: svi da izbegavaju boravak napolju, prozori ratvoreni.
- Primer:
  - $\text{PM}_{2.5} = 40$  (LOŠ)

- Vetar = slab
- CEP detektuje 3 sata bez poboljšanja
- Sistem zaključuje: kvalitet = veoma loš
- Preporuke:
  - Građani: izbegavati napolje, prozore držati zatvorene
  - Osetljive grupe: obavezno ostati unutra, koristite prečišćivače vazduha
  - Institucije: upozoriti škole i vrtiće, razmotriti online nastavu

#### 6. *Backward chaining* (dijagnostika/upiti)

- Upit: „Da li je bezbedno da dete ide napolje?“
  - Sistem proverava trenutnu kategoriju + CEP pravili.
  - Ako je kategorija  $\geq$  LOŠ ili postoji nagli spike → odgovor: „Nije bezbedno, preporuka je da dete ostane unutra“.
  - Ako je umeren kvalitet i nema naglih skokova → odgovor: „Kratak boravak napolju je dozvoljen, izbegavati fizičku aktivnost“.

## Primer rezonovanja

Korisnik sa astmom otvara aplikaciju kako bi proverio trenutni kvalitet vazduha. U poslednjih sat vremena merenja pokazuju:

- $PM_{2.5} = 42 \text{ } 20 \frac{\mu g}{m^3}$
- $PM_{10} = 58 \text{ } 20 \frac{\mu g}{m^3}$
- $NO_2 = 34 \text{ } 20 \frac{\mu g}{m^3}$
- $O_3 = 52 \text{ } 20 \frac{\mu g}{m^3}$
- Slab vetar (1.1 m/s)
- Bez padavina.

Sistem prvo primenjuje pravila za klasifikaciju svakog polutanta, pri čemu  $PM_{2.5}$  i  $PM_{10}$  ulaze u kategoriju „LOŠ“, a  $NO_2$  i  $O_3$  u „UMEREN“. Kombinacijom tih vrednosti i uzimajući u obzir loše vremenske uslove, ukupan rezultat prelazi prag za „OPASAN“ kvalitet vazduha. Dodatno, prosečne vrednosti  $PM_{2.5}$  u prethodnom satu potvrđuju da zagađenje traje duže vreme, dok se detektuje i nagli skok  $PM_{2.5}$  u poslednjih 30 minuta (CEP pravilo).

Na osnovu svih ovih faktora, sistem zaključuje da je vazduh trenutno u kategoriji „OPASAN“ i generiše preporuke prilagođene korisniku:

- Ostanak u zatvorenom,
- Zatvaranje prozora,
- Nošenje zaštitne maske prilikom izlaska,
- Izbegavanje napora.

Ako korisnik postavi pitanje „Da li je bezbedno da dete provede 30 minuta napolju?“, sistem primenjuje backward chaining kako bi proverio uslove – trenutna kategorija, prethodne promene i vremenski faktori – i zaključuje da uslovi nisu bezbedni, uz jasno obrazloženje i savet da se sačeka stabilizacija. Ovim se demonstrira kako sistem koristi pravila, obrađuje ulaze, povezuje podatke i generiše personalizovane, logički izvedene preporuke.