

**SENZORSKI SISTEM ZA MONITORING KVALITETA VAZDUHA BAZIRAN NA ARDUINO PLATFORMI I APLIKACIJI U MATLAB OKRUŽENJU****SENSOR SYSTEM FOR AIR QUALITY MONITORING BASED ON ARDUINO PLATFORMS AND APPLICATION IN THE MATLAB ENVIRONMENT**

Ivana Marković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu analizirana je primena *Arduino* platforme sa senzorikom za monitorisanje kvaliteta vazduha. Razvijeno je hardversko rešenje prema standardima geosenzorskih mreža i integrisano sa *MATLAB* GUI aplikacijom. Objasnen je proces komunikacije između *MATLAB* okruženja i *Arduino* platforme. Aplikacija omogućava dvostranu komunikaciju, evidentiranje podataka, prikaz merenja u različitim jedinicama, alarma, trendova i virtualnih senzora. Na kraju, sprovedena je analiza aplikacije i predlozi za unapređenje i praktičnu primenu.

**Cljučne reči:** *permanentni monitoring, geosenzorska mreža, Arduino, MATLAB, senzori, aplikacija*

**Abstract** – *This paper examines the application of the Arduino platform with accompanying sensors for air quality monitoring. It develops hardware solutions aligned with geosensor network standards and integrates them with a MATLAB GUI application. The communication process between the MATLAB environment and the Arduino platform is elucidated. The application allows bidirectional communication, data logging, display of measurements in various units, alarms, trends, and virtual sensor implementation. Finally, an analysis of the application is conducted along with recommendations for its enhancement and practical implementation.*

**Keywords:** *permanent monitoring, geosensor network, Arduino, MATLAB, sensors, application*

**1. UVOD**

U radu se razvija sistem za praćenje zagađenja vazduha korišćenjem *Arduino* senzora i *MATLAB* aplikacije. Cilj je precizno praćenje kvaliteta vazduha i olakšavanje analize i vizualizacije podataka o zagađenju. U radu su istraženi tehnološki aspekti, upoređeni *MATLAB* i *Python* za praćenje zagađenja vazduha i analizirani faktori za odabir optimalnog alata za implementaciju sistema praćenja. Naglašena je važnost poboljšanja informacione dostupnosti i svijesti o kvalitetu vazduha. Rad postavlja osnovu za efikasno praćenje zagađenja vazduha u realnom vremenu sa mogućnošću daljeg unapređenja i proširenja funkcionalnosti sistema za praćenje zagađenja vazduha.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Ristić.

**2. KOMPONENTE SISTEMA**

Pod komponentama sistema, podrazumjevaju se *Arduino* platforma (sa senzorima) i *MATLAB* programski jezik.

**2.1. Arduino**

*Arduino* senzori su elektronske komponente koje detektuju promjene u okruženju i šalju informacije *Arduino* mikrokontroleru. Ovi podaci se zatim koriste za donošenje odluka ili izvršavanje određenih radnji na osnovu unaprijed postavljenih kriterijuma. Oni su ključna komponenta u mnogim *Arduino* projektima, omogućavajući mikrokontroleru da komunicira sa spoljnim svijetom na različite načine. Kada je senzor integrisan sa mikrokontrolerom, može se programirati kroz *Arduino* razvojno okruženje (*IDE*). Ova platforma pruža intuitivan interfejs za rad sa senzorima, prilagođen korisnicima. Nakon što je senzor povezan sa *Arduino* pločom, mikrokontroler se programira da čita i interpretira podatke dobijene od senzora [1].

**2.2. MATLAB**

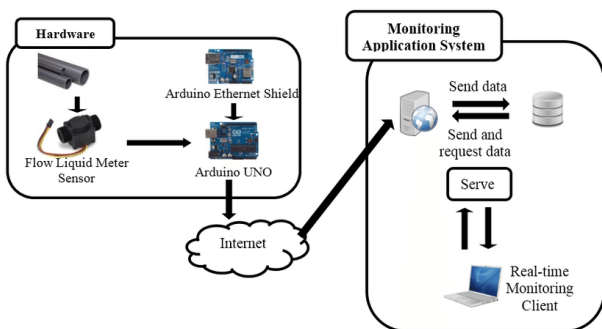
*MATLAB* je softverski paket koji obuhvata programski jezik, interaktivno okruženje i alate za numeričko računanje, vizualizaciju i analizu podataka, kao i razvoj algoritama. Nudi specijalizovane "toolbox" alate za zadatke vezane za senzore, olakšavajući obradu podataka u domenima poput obrade signala i slike. Korisnički interfejs je prilagođen istraživačkim i inženjerskim proračunima, olakšavajući vizualizaciju i manipulaciju podacima. Iako pruža velike mogućnosti za vizualizaciju, ima ograničenja u performansama kod obimnijih setova podataka ili kompleksnih računanja, u poređenju s jezicima prilagođenijim za visoke performanse. Ograničenja u modifikaciji osnovnih funkcionalnosti mogu otežati prilagođavanje specifičnim potrebama, čineći ga manje fleksibilnim od alternativa otvorenog koda [2].

**3. GEOSENZORSKE MREŽE**

Geosenzorske mreže (*GSN*) su specijalizovane senzorske mreže dizajnirane za akviziciju podataka o životnoj sredini i prirodnim resursima. Ove mreže se sastoje od mnogo geosenzora, kompaktnih i ekonomičnih uređaja koji prikupljaju raznolike informacije o životnoj sredini, poput temperature, vlažnosti, kvaliteta vazduha i drugih faktora. *GSN* se primenjuje za nadgledanje različitih staništa poput šuma, jezera i urbanih područja te se koristi

u raznim aplikacijama poput praćenja životne sredine, upravljanja u kriznim situacijama i urbanog planiranja.

Ključna prednost geosenzorskih mreža leži u njihovoj sposobnosti prikupljanja obimnih podataka u stvarnom vremenu. Ovi podaci omogućavaju praćenje promena u životnoj sredini tokom vremena i pružaju značajne uvide u uticaj ljudskih aktivnosti na prirodni svet. Važna karakteristika ovih mreža jeste njihova sposobnost da funkcionišu u udaljenim i teško dostupnim okruženjima. Zahvaljujući malim dimenzijama i laganosti, geosenzori se mogu postaviti u područja do kojih je teško ili rizično dopreći, kao što su vrhovi planina ili dubine okeana [3].



Slika 1 - Arhitektura sistema za monitoring [4]

Konačno, razvoj standarda i protokola za geosenzorske mreže je još uvijek u ranoj fazi, što može otežati dijeljenje podataka i poređenje rezultata u različitim mrežama.

#### 4. PRAKTIČNI DIO

U praktičnom delu rada, implementiran je sistem za praćenje kvaliteta vazduha korišćenjem raznovrsnih Arduino senzora. Platforma je nadograđena aplikacijom razvijenom u MATLAB okruženju. Korišćeni senzori obuhvataju senzor kiše, CO senzor, senzor temperature, senzor nivoa vode, PM senzor, LCD displej, tri indikatora za alarm i zvučni alarm.

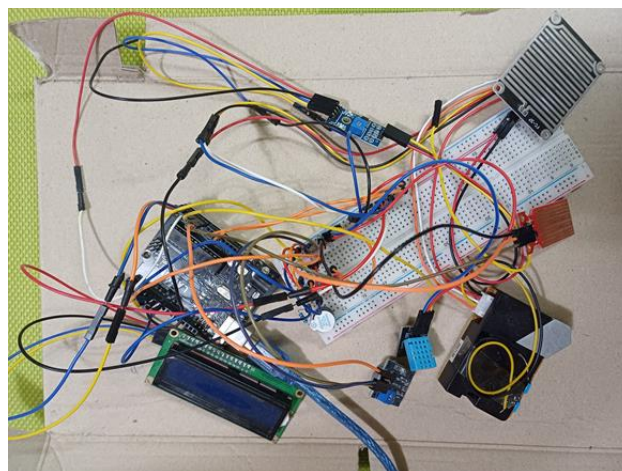
Aplikacija se sastoji od tabova za svaki senzor, dugmeta za startovanje i zaustavljanje aplikacije, mogućnosti čuvanja podataka kao CSV fajla, vizuelnog prikaza alarma, polja za unos graničnih vrijednosti senzora, virtuelnog senzora za procenu kvaliteta vazduha, prikaza srednjih vrijednosti, maksimalnih, minimalnih vrijednosti senzora i standardne devijacije, "Gauge" sata za trenutne vrijednosti senzora, grafičkog prikaza mjerenja u realnom vremenu i trend dijagrama nakon zaustavljanja aplikacije.

Proces prikupljanja informacija odvija se u realnom vremenu sa ažuriranjem podataka svakih 5 sekundi. Vrijednosti senzora su zabeležene u formi naponskih vrijednosti, koje su kasnije preračunate kako bi se izrazi u odgovarajućim mjernim jedinicama za svaku fizikalnu veličinu.

Kalibracija senzora obuhvatala je pažljivo potapanje pločica senzora u vodu, beleženje vrijednosti u voltima za svaki milimetar, stvaranje krive koja opisuje odnos voltaže i milimetara, te implementaciju matematičke jednačine krive u Arduino kod za konverziju očitanih vrednosti u odgovarajuće milimetre. Ovo omogućava preciznije merenje vrednosti senzora.

Aplikacija takođe uključuje alarmne nivoe, koje su povezane sa LED lampicama i zvučnim alarmom za različite nivoe opasnosti, a podaci sa senzora se prikazuju na LCD displeju.

U MATLAB okruženju je napravljena komunikacija sa Arduino pločom za kontrolu LED dioda. Komandama iz komandnog prozora MATLAB-a se kontrolišu LED diode na Arduino ploči. Ovo je omogućilo jednostavno testiranje komunikacije između računara i Arduino-a.

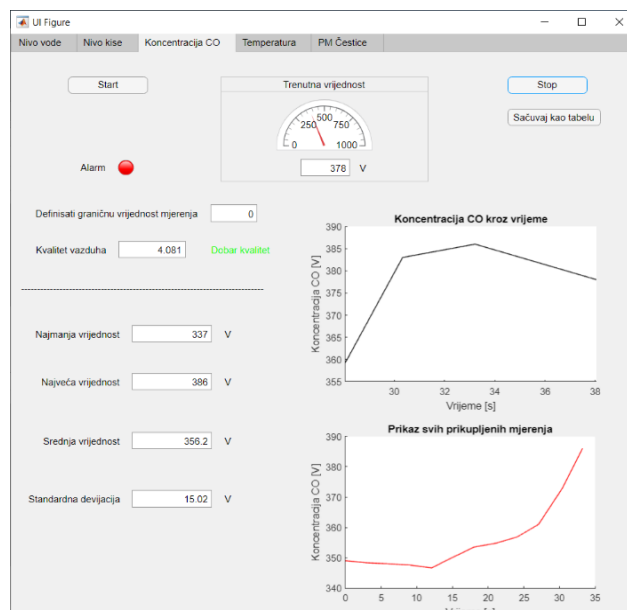


Slika 2 - Hardversko rješenje

#### 5. DISKUSIJA REZULTATA I MOGUĆNOSTI UNAPRIJEĐENJA APLIKACIJE

U cilju unapređenja aplikacije za praćenje kvaliteta vazduha, ističu se dodatne funkcionalnosti koje poboljšavaju efikasnost i korisnost sistema.

Optimizacija korisničkog interfejsa, slika 3. omogućila bi intuitivniju navigaciju kroz dodatne vizuelne elemente ili ikone radi olakšanog prepoznavanja funkcionalnosti. Automatsko ažuriranje podataka sa senzora eliminisalo bi potrebu za ručnim pokretanjem svakog senzora, što je posebno važno u neprekidnom praćenju kvaliteta vazduha.



Slika 3 - Korisnički interfejs aplikacije

Analiza podataka bi se unapredila dodavanjem statističkih metoda i proširenjem mogućnosti vizualizacije, omogućavajući korisnicima bolji uvid i lakše tumačenje rezultata.

U cilju bezbjednosti sistema, moguća je implementacija alarmnog sistema koji bi detaljno bilježio aktivacije alarma i druge relevantne događaje, omogućavajući korisnicima praćenje istorije sistema i brže reagovanje na potencijalne probleme.

Integracija sa mobilnom aplikacijom omogućila bi daljinsko praćenje i upravljanje sistemom, pružajući veću fleksibilnost u upravljanju čak i van radnog okruženja.

Primjena tehnika mašinskog učenja omogućila bi sistemu predviđanje trendova kvaliteta vazduha na osnovu prethodnih merenja, poboljšavajući prediktivne sposobnosti sistema i omogućavajući rano prepoznavanje potencijalnih problema.

Rad na smanjenju latencije u prenosu podataka između *MATLAB* aplikacije i *Arduino* platforme imao bi za cilj brže i preciznije praćenje kvaliteta vazduha u realnom vremenu, pružajući korisnicima trenutne i tačne informacije. Ova unapređenja čine integralni deo evolucije sistema za praćenje kvaliteta vazduha, prilagođavajući ga novim zahtevima i potrebama korisnika.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razvijen sistem za praćenje kvaliteta vazduha koristeći *Arduino* senzore kao efikasno i pristupačno sredstvo za merenje različitih parametara. Ova integracija omogućava pouzdano i stalno praćenje zagađivanja vazduha, što doprinosi boljem razumijevanju raspodjele zagađivanja u prostoru. Istaknut je značaj geosenzorskih mreža za sakupljanje preciznih podataka o okolini u geodetskim istraživanjima.

Cilj je bio da se razvije metoda za praćenje kvaliteta vazduha koristeći *Arduino* senzore i da se razvije *MATLAB* aplikacija za vizualizaciju i analizu prikupljenih podataka. Poređenje između *MATLAB* i *Python* platformi dalo je osnovu za odabir najboljeg alata za sistem praćenja. Ovo istraživanje ne samo da doprinosi tehničkim aspektima praćenja zagađenja vazduha, već ističe važnost povezivanja praktičnih rješenja radi povećanja informativnosti i svijesti o kvalitetu vazduha.

Za dalje unapređenje aplikacije, predložena su poboljšanja koja bi povećala efikasnost i korisnost sistema. To uključuje proširenu kompatibilnost sa sensorima, optimizaciju korisničkog interfejsa i uvođenje automatskog ažuriranja podataka. Zaključno, ovo istraživanje opisuje prednosti sistema za praćenje zagađenja vazduha i naglašava značaj njegove prilagodljivosti i efikasnosti, što uključuje napredne mogućnosti za upravljanje kvalitetom vazduha i doprinos globalnim naporima za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi.

## 7. LITERATURA

- [1] „LAFVIN,“ 2023. [На мрежи]. Available: <https://lafvintech.com>
- [2] „mathworks,“ 2023. [На мрежи]. Available: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.
- [3] D. A. Ristić, „Materijal za predavanja iz predmeta Geosenzorske mreže,“ Novi Sad, 2020.
- [4] Rahmat, R. F., Satria, I. S., Siregar, B., & Budiarto, R. (2016). Water Pipeline Monitoring and Leak Detection using Flow Liquid Meter Sensor.

### Kratka biografija:



**Ivana Marković** rođena je u Salzburgu 11.06.1997. god. Diplomski rad na temu „Identifikacija promjena načina korištenja zemljišta u zaštićenim područjima upotrebom satelitskih snimaka“ odbranila je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.  
Kontakt:  
[ivana.s.markovic97@gmail.com](mailto:ivana.s.markovic97@gmail.com)