

**EKSPERIMENTALNI MODEL GEOSENZORSKE MREŽE ZASNOVAN NA RASPBERRY PI PLATFORMI ZA MONITORING VINOGRADA****EXPERIMENTAL MODEL OF GEOSENSOR NETWORK BASED ON RASPBERRY PI PLATFORM FOR VINEYARD MONITORING**Miloš Ilić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada opisan je značaj primene senzora u mernim uređajima kroz primer preciznog vinogradarstva. Takođe, opisan je i model koji je realizovan na Raspberry Pi platformi sa ciljem da obezbedi merenja podataka iz vinograda. Merene su vrednosti temperature i vlažnosti vazduha, vlažnost zemljišta i padavine. Sistem je realizovan unutar Python programskog okruženja. DHT11 je senzor za merenje parametara vazduha, HW-080 senzor je zadužen za očitavanje vlage tla, dok FC-37 predstavlja senzor kiše.

**Ključne reči:** *Senzori, Raspberry Pi, Python, Adafruit IO*

**Abstract** – The paper describes the importance of using sensors in measuring devices through the example of precision viticulture. Also, a model implemented on the Raspberry Pi platform with the aim of providing data measurements from the vineyard is described. The values of temperature and air humidity, soil humidity and precipitation were measured. The system is implemented within the Python programming environment. DHT11 is a sensor for measuring air parameters, HW-080 sensor is in charge of reading soil moisture, while FC-37 is a rain sensor.

**Keywords:** *Sensors, Raspberry Pi, Python, Adafruit IO*

**1. UVOD**

Razvojem automatike, elektronike i elektronskih komponenata omogućena je i izrada mnogih naprednih uređaja čija se konstrukcija i rad baziraju upravo na tim komponentama. Konstrukcija elektronskih uređaja sastoji se od grupe senzora koja prikuplja željene podatke koje zatim šalje ka mikrokontroleru. Mikrokontroler obrađuje podatke nakon čega ih šalje aktuatorima, uređajima koji izvršavaju tačno definisan zadatak na osnovu naredbe koja im je poslata. Podaci ne moraju biti poslani aktuatorima, oni mogu biti prikazani i bez obrade ukoliko zadovoljavaju zahteve krajnjeg korisnika.

Senzori imaju značajnu ulogu u ovakvim sistemima i procesima i predstavljaju komponente koje pretvaraju neku od fizičkih veličina u električni signal, nakon čega je te podatke moguće dalje koristiti.

Tema ovog rada jeste izrada eksperimentalnog modela – prototipa za monitoring vinograda, realizovanog u labora-

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Ristić, red. prof.**

torijskim uslovima da pokaže kako savremene tehnologije mogu doprineti boljoj organizaciji sprovođenja fitotehničkih i agrotehničkih mera u oblasti precizne poljoprivrede, konkretno u poljoprivrednoj grani vinogradarstvo.

Korišćena je *Raspberry Pi* platforma najnovijeg modela u trenutku realizacije ovog rada. Senzori, *AD* konvertor i *Python* programsko okruženje omogućili su prikupljanje i obradu različitih informacija sa terena. Svi podaci postavljaju se korišćenjem bežične internet mreže na *Adafruit IO cloud*-u gde su dostupni korisnicima u svakom trenutku korišćenjem bilo kojeg pametnog telefona, tableta ili računara povezanog na internet mrežu.

**2. PRECIZNA POLJOPRIVREDA**

Razni autori navode različite definicije precizne poljoprivrede, njeno poreklo i godinu kada se prvi put pojavila. U radu „Primena precizne poljoprivrede u ratarskoj proizvodnji“, navedeno je poreklo termina i početak primene precizne poljoprivrede. Autori tvrde da je primena savremene tehnologije i tehnike u poljoprivredi objedinjena, i nazvana precizna poljoprivreda. Iako je koncept precizne poljoprivrede, na neki način, počeo da se primenjuje još pre 50 godina, po autorima 1990. godina se smatra početnom [1].

Razvojem *GNSS*-a, koji omogućava pozicioniranje i lociranje dela parcele, te različitih metoda za kartiranje resursa i softverska rešenja pod opštim nazivom Geografski informacioni sistemi – *GIS* doprineto je ostvarljivosti ideja ove oblasti.

Novi pristup poljoprivrednoj proizvodnji nazvan je na engleskom govornom području *Site-specific Agriculture*. Na našem jeziku to bi bila lokacijski specifična poljoprivredna proizvodnja. Da bi se skratio ovaj dugačak naziv, uglavnom se govori o *Precision Farming* - preciznoj poljoprivredi [2].

**3. IOT – INTERNET OF THINGS**

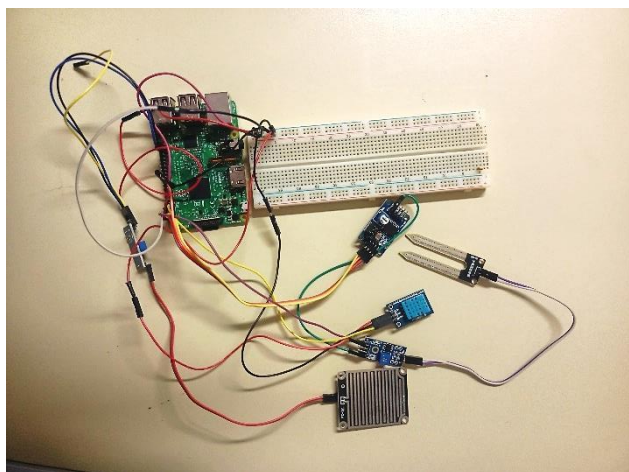
Model koji je realizovan u radu pokazuje kako se u preciznoj poljoprivredi može primeniti tehnologija internet stvari (engl. *Internet of Things (IoT)*). U modelu, podaci se prvo prikupljaju korišćenjem geosenzorske mreže, a zatim se dolazi do dela primene *IoT*-a, kada se prikupljeni podaci šalju platformi i postavljaju na *Cloud*. *IoT* je sistem u kojem bi objekti u fizičkom svetu senzorima mogli biti povezani na internet. *IoT* se upotrebljava u korporativnim lancima snabdevanja na

internetu u cilju brojanja i praćenja robe bez potrebe za ljudskim intervencijama.

Internet stvari se danas koristi kao termin za opisivanje scenarija gde se internet i računarske mogućnosti proširuju na razne objekte, uređaje, senzore i svakodnevno realizovanje određenih zadataka...

#### 4. SENZORI I KOMUNIKACIJA

Model (slika 1) je realizovan na *Raspberry Pi* platformi koja predstavlja čvor geosenzorske mreže. Na *Raspberry* su povezani senzori koji prikupljaju podatke o vinogradu. Senzori koji su korišćeni su laboratorijske prirode, za korišćenje u praksi bilo bi neophodno koristiti robusnije komponente.



Slika 1. Model eksperimentalnog sistema [orig. autora]

*FC-37* senzor registruje da li ima padavina ili ne na području gde je postavljen. Podatke šalje platformi korišćenjem običnog *GPIO* pina.

*HW-080* je senzor o vlažnosti zemljišta. Senzor šalje analogni signal *Raspberry*-ju koji ovaj nije u mogućnosti da pročita. Zbog toga se signal prethodno konvertuje u digitalni korišćenjem *YL-40 PCB AD/DA* konvertora sa *PCF8591* čipom.

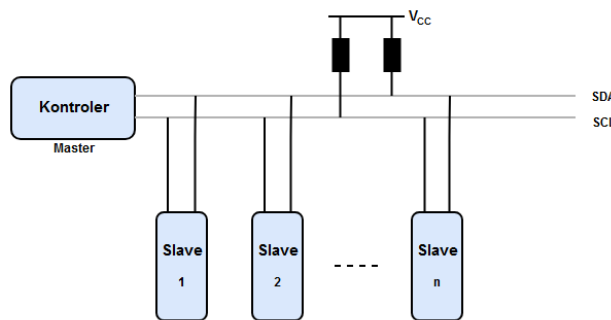
Konvertor komunicira sa platformom korišćenjem *I2C* komunikacionog protokola (slika 2). *I2C* serijski sinhroni komunikacioni protokol predstavlja standardizovanu spregu u digitalnim sistemima, razvijenu od strane kompanije *Philips*.

*I2C* standard predstavlja bidirekcionu spregu koja šalje/razmenjuje podatke u oba smera od uređaja *A* do uređaja *B* i obratno. U ovom slučaju karakteriše je upotreba samo dve fizičke linije za prenos podataka i to:

- *SCL* (*Serial Clock*) - predstavlja taktni signal za ostale (*slave*) uređaje u sistemu,
- *SDA* (*Serial Data*) - služi za prenos podataka [3].

Da bi se ograničila komunikacija po pitanju brzine (brzina komunikacije u standardnom modu iznosi 100 kb/s) pored bidirekcionog sprege koristi se i pull-up otpornik.

*Pull-up* ili *pull-down* otpornik je pojam koji se uvodi kada prilikom korišćenja mikrokontrolera pin koji se koristi kao ulaz nije podešen na *High* ili *Low* stanje, već njegovo stanje „pluta“ između ove dve vrednosti, odnosno ulazni pin se nalazi u stanju visoke impedanse (mere otpora) i dovodi do nepravilnosti (nepredvidivosti) u radu.



Slika 2. Uređaji povezani korišćenjem *I2C* sprege [3]

*DHT11*, senzor temperature i vlažnosti vazduha sa platformom komunicira korišćenjem *One-Wire* komunikacionog protokola. *One-Wire* komunikacioni protokol je dobio ime po činjenici da je potrebna samo jedna žica za prenos informacije/podataka. Komunikacija se odvija dvosmerno. Žica kojom se odvija komunikacija mora biti povezana na pull-up otpornik iz tog razloga, kada nema komunikacije, vrednost će biti postavljena visoko, na logičku jedinicu. Ova karakteristika podseća na *I2C* komunikaciju i iz tog razloga za *One-Wire* komunikaciju kaže se da ima sličan koncept kao i *I2C* [4].

#### 5. SOFTVERSKA REALIZACIJA MODELA

##### 5.1. Programski jezik - Python

Model je realizovan uz pomoć *Python* programskog jezika visokog nivoa opšte namene. Podržava objektno-orijentisani i funkcionalni stil programiranja. Sintaksa jezika omogućava pisanje preglednih programa. Programski jezik *Python* nastao je početkom devedesetih godina dvadesetog veka.

Programi u jeziku *Python* se uglavnom interpretiraju. Interpretatori i standardne biblioteke modula se stalno razvijaju i prenose na različite platforme. Glavne podržane platforme su *Linux*, *BSD*, *Mac OSX*, *Microsoft Windows* i *Java*. Za programski jezik *Python* razvijeni su standardni moduli koji omogućavaju efikasan rad u mnogim oblastima. Većina ovih modula prenosiva je na različite platforme što omogućava da često kompletni programi bez prilagođavanja rade na različitim mašinama i pod različitim operativnim sistemima [5].

##### 5.2. Adafruit IO

Postavljanje i prikaz podataka omogućeni su na *Adafruit IO cloud*-u. Korišćena je besplatna verzija platforme, koja sadrži određena ograničenja u pogledu funkcionalnosti koje ne predstavljaju prepreku za izradu ovog modelu.

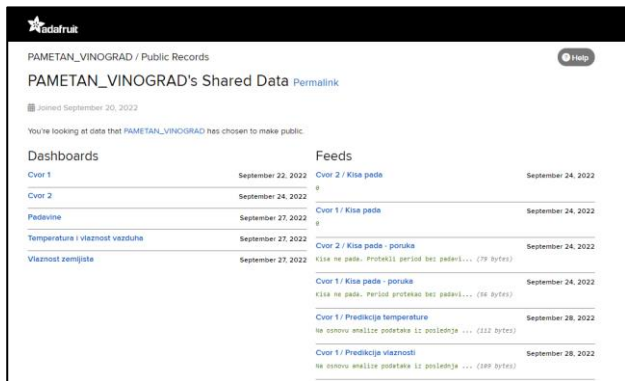
Na mreži postoje dve strane nekog sajta. *Back End* gde se obrađuju podaci i *Front End* gde se koriste veb pretraživači za interakciju. *Back End* predstavlja implementaciju poslovne logike, dok se prezentacija sajta realizuje u *Front End*-u. U ovom radu korišćene strane su obe strane prilikom kreiranja *Adafruit IO* platforme za postavljanje, prikaz i posmatranje podataka sa senzora. *Back End* ovog *Cloud*-a služi kao mesto gde se razmenjuju podaci sa senzora na server ili sa njega. Podaci se mogu slati i primati na dva načina, pomoću *REST*-a koji se povezuje sa uslugom samo kada se uputi zahtev i on je prikladniji za projekte koji su određeni vremenski period u stanju *sleep*.

Radi racionalnijeg korišćenja energije budi se samo prilikom slanja/primanja podataka.

Drugi način koji je ovde i upotrebljen jeste slanje i primanje podataka korišćenjem *MQTT*-a koji drži vezu sa serverom otvorenom, i može da reaguje brže na zahtevane promene [6].

## 6. PRIKAZ NA ADAFRUIT IO

Pristup čvorovima vrši se iz menija *Dashboards* (slika 3). Odavde je ulaskom u neku od grupa, omogućen pristup podacima po čvorovima i po grupisanim merenjima identičnim za sve čvorove. Takođe se može pristupiti i istoriji merenja putem menija *Feeds*.



Slika 3. Početna strana sajta

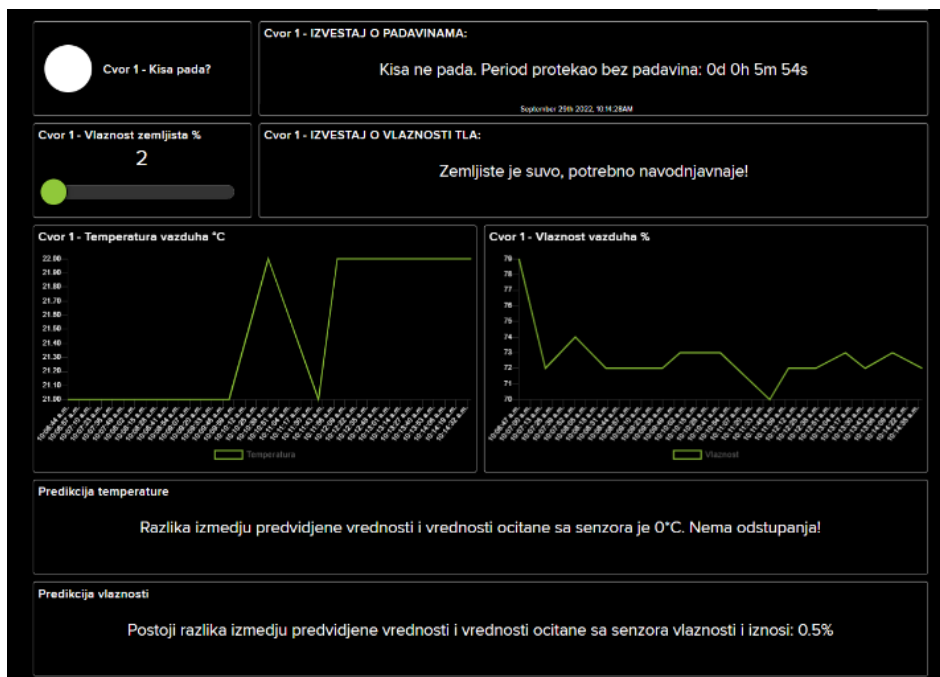
Prozor sa podacima za čvor 1 prikazan je na slici 4. Prikazana su merenja temperature i vlažnosti vazduha na

dva odvojena grafika. Takođe, sistem vrši predikciju ova dva parametra tako da na osnovu prethodna 2 merenja predviđa naredno (treće) merenje. Ispisuje poruku u blokovima ispod grafika o predviđenoj vrednosti, a kada senzor pročitava treću vrednost, u bloku se pojavljuje poruka o njihovom poklapanju ili razlici.

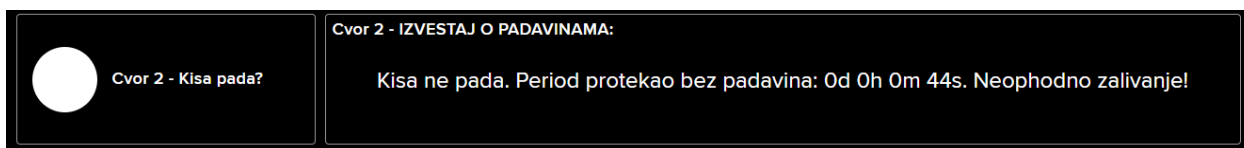
Vlažnost zemljišta se ispisuje na sajtu u procentima. Poseban blok je realizovan za poruku o izmerenoj vlažnosti i o predlogu za navodnjavanje. Da li kiša pada prikazuje se pomoću lampice koja svetli zeleno kada pada i poruke u kojoj je ispis „Kiša pada“. Ukoliko nema padavina, lampica je ugašena, poruka obaveštenja koja se u tom slučaju ispisuje, prikazana je u bloku pored lampice.

Čvor 2 prikazan na slici 5 je realizovan da pokaže modularnost odnosno mogućnost proširenja sistema, što je i potvrđeno. Zbog nedostataka senzora, na ovom čvoru je realizovan samo senzor kiše. Princip rada je identičan i sa jednim i sa više senzora.

Ovde je, kako ne postoji senzor vlažnosti zemljišta, dodata naredba sistemu da ukoliko kiša ne pada određeni period, na već ispisanu poruku doda još poruku „Neophodno zalivanje“. Zbog dužine perioda čekanja na realizaciju zadata je vrednost od 30 sekundi nakon koje se ispisuje poruka. U realnim slučajevima period kada bi se ova poruka pojavljivala iznosio bi nekoliko dana, a bio bi zadat u kodu. Ova dodatna poruka ne postoji kod senzora kiše na čvoru 1 jer on poseduje senzor vlažnosti zemljišta koji preuzima ulogu obaveštavanja o navodnjavanju.



Slika 4. Prikaz merenja čvora 1

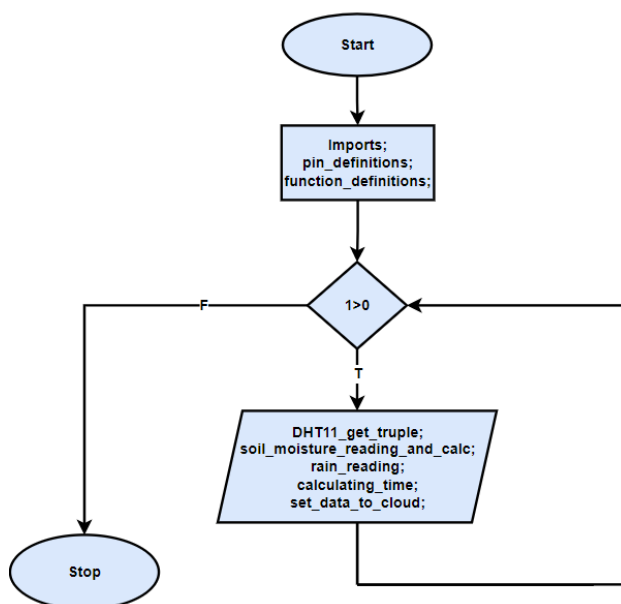


Slika 5. Prikaz merenja čvora 2

## 7. PRINCIP RADA SISTEMA

Algoritam rada sistema prikazan je grafikonom (slika 6). Sistem se postavlja u stanje *Start* koje pokreće sistem. Na početku se definiše deo koji importuje biblioteke, definišu se pinovi i funkcije za izvršavanje. Zatim se nailazi na postavljen uslov da li je jedinica veća od nule. Ukoliko je zadati uslov tačan (*True*) prelazi se na nastavak rada sistema odnosno na deo gde se izvršava čitanje sa senzora i postavljanje podataka na *Cloud*.

Nakon toga se opet proverava isti uslov i kako će on u ovom slučaju uvek biti tačan, sistem će raditi neprekidno dok ima napajanja. Ukoliko bi uslov (što je ovde nemoguće da se desi) da li jedinica veća od nule bio netačan (*False*), sistem bi prešao u stanje *Stop* odnosno bio bi zaustavljen i prestao bi sa izvršavanjem sve dok se kod ne pokrene ručno ponovo. Ukoliko bi se želeo zaustaviti rad sistema u svrhu dodavanja novog senzora ili zamene pokvarenog, sistem se mora isključiti, odnosno potrebno mu je prekinuti izvor napajanja.



Slika 6. Algoritam rada sistema

Na ovaj način realizovana je *While* petlja koja će se uvek izvršavati na taj način omogućavajući neprekidan rad ovog eksperimentalnog modela.

## 8. ZAKLJUČAK

Realizacija glavnih funkcija modela za monitoring vinograda (nadgledanje parametara okoline, prikupljanje važnih informacija i njihova distribucija putem interneta itd.), predstavlja glavni cilj projekta. Implementiran sistem poseduje izvesna ograničenja za primenu u realnim uslovima. Sa hardverskog stanovišta, komponente sistema nisu dovoljno robusne za rad van laboratorije, dok sa softverske strane postoje ograničenja zbog korišćenja rešenja koja nisu komercijalna te su im stoga neke funkcionalnosti onemogućene.

Model je modularan, što znači da se može nadograditi bez ikakvih smetnji. U ovakav bi se model na identičan način na koji je urađeno sa dva čvora moglo povezati još čvorova u zavisnosti od zahteva sredine koja se prati. Konfigurabilnost nije ispunjena do kraja, jer je korišćena besplatna verzija *Cloud*-a. Jedno od mogućih proširenja

na polju konfigurabilnosti jeste korišćenje licenciranih platformi za postavljanje i rad sa podacima koje daju opcije upravljanja podacima bez potrebe pristupa kodu.

Jom jedno od mogućih unapređenja ovakvog sistema je upotreba većeg broja senzora. Upotrebom više senzora obezbedili bi se dodatni podaci o npr. vlažnosti listova, fizičkoj strukturi zemljišta, prisutnosti makro i mikro elemenata i sl, a kako trenutno rešenje sadrži dosta neiskorišćenog hardverskog prostora povećanje broja senzora ne bi predstavljalo problem. Često su senzori jedna od skupljih komponenata, tako da je u ovom slučaju nabavka određenih senzora predstavljala ograničenje.

Unapređenje se može ostvariti i na polju predikcije merenih parametara okoline, korišćenjem veštačke inteligencije formiranjem algoritma koji bi na osnovu posmatranja oblaka prognozirao vreme i padavine. Linearna regresija koja se koristi u meteorologiji bi se takođe mogla iskoristiti za realizaciju predikcije.

Takođe, ovakav sistem bi mogao biti korišćen u drugim oblastima precizne poljoprivrede, ne samo u preciznom vinogradarstvu.

## 9. LITERATURA

- [1] Višacki V, Sedlar A, Bugarin R, Mašan V, Turan J, Janić T, Ponjičan O, "Primena precizne poljoprivrede u ratarskoj proizvodnji, Koncept i implementacija". *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 44, no. 3, pp. 93-128, 2018.
- [2] Elhert D, Voelker U, Martinov M, Konstantinović M. "Precizna poljoprivredna proizvodnja", *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 30, no. 1-2, pp. 9-20, 2004.
- [3] Trbović B. "Implementacija I2C komunikacione sprege između namenskog FPGA sistema i perifernih uređaja". *Diplomski (Bachelor) rad*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2018.
- [4] <https://www.maximintegrated.com/en/design/-technical-documents/app-notes/1/187.html> (pristupljeno u septembru 2022.)
- [5] <https://www.python.org/> (pristupljeno septembra 2022.)
- [6] <https://learn.adafruit.com/adafruit-io/rest-api?view=all> (pristupljeno u septembru 2022.)

### Kratka biografija:



**Miloš Ilić** rođen je u Leskovcu 1998. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije odbranio je u septembru 2021.god. Master rad na istom fakultetu iz oblasti Geosenzorske mreže odbranio je u oktobru 2022.god.

kontakt: [cfcgeo1905@gmail.com](mailto:cfcgeo1905@gmail.com)