

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ПАМЕТНОГ СИСТЕМА ЗА НАВОДЊАВАЊЕ ЗАСНОВАНОГ НА СЕНЗОРСКИМ МЕРЕЊИМА И ПРИМЕНИ MQTT ПРОТОКОЛА**IMPLEMENTATION OF IRRIGATION SMART SYSTEM BASED ON SENSOR MEASUREMENT AND APPLICATION OF MQTT PROTOCOL**

Димитрије Ђукановић, Живко Бојовић, Дејан Немец, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈЕ

Кратак садржај – У овом раду описана је имплементација паметног система за наводњавање. Говориће се о компонентама система, њиховој имплементацији, као и процесу прикупљања, обраде и слања података на платформу.

Кључне речи: *Internet of Things, паметан пластеник, сензор, ESP32, WiFi, MQTT, Ubidots IoT платформа*

Abstract – *This paper presents implementation of smart system for irrigation. There will be discussed about components of system, their implementation, as well as the process of collecting, processing and sending data to the platform.*

Keywords: *Internet of Things, smart greenhouse, sensor, ESP32, WiFi, MQTT, Ubidots IoT platform*

1. УВОД

До 2050. године, претпоставља се да ће 70% светске популације бити део урбане популације и недовољна количина хране у градским областима је могућа. Стога потребно је донети решење комбинујући пољопривреду, технологију и архитектуру.

Internet of Things (IoT) је један од просперитетних концепата на пољу Интернета. *IoT* би могао донети до сада незамислива решења. Због потенцијалних примена *IoT*-а, испоставило се да је истакнути предмет научног истраживања. Значај и примена ових технологија су у озбиљним расправама и истраживањима.

Будући да се тржиште још увек развија, пољопривредници су почели да схватају да је *IoT* покретачка снага за повећање производње на исплатив начин. *IoT* има велики потенцијал да трансформише пољопривреду у многим аспектима и учини је високо ефикасном.

Тема овог рада је развој система за наводњавање који ће применом сензорске технологије, контролне јединице и *IoT* платформе визуелизовати податке, контролисати пумпу и аутоматски вршити заливање земљишне површине водом, како би се остварили максимални ефекти у погледу уштеде воде и ангажовања радне снаге.

НАПОМЕНА:

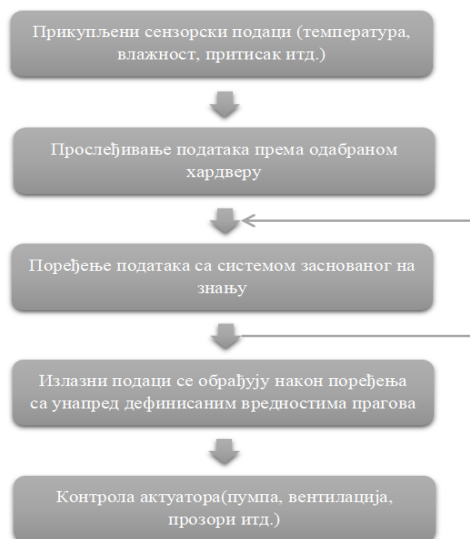
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Живко Бојовић, ванр. проф.

2. ПАМЕТНА ПОЉОПРИВРЕДА

Паметна пољопривреда подразумева употребу нових технологија у областима пољопривреде и сточарства за повећање количине и квалитета производње, максималним коришћењем ресурса и минимизацијом утицаја на животну средину. У овом раду говориће се о *IoT* архитектурама за паметне стакленике где имплементирани систем за наводњавање има своју примену. Када се говори гајењу пољопривредних култура у паметним стакленицима, постоје три основне технике, традиционална, вертикална и хидропонска [1].

2.1. Традиционална техника

Традиционална техника углавном се користи за гајење воћа и поврћа. Ова техника се ослања на сунчеву светлост и захтева велику количину простора, стога оваква окружења настајују рурална и приградска подручја. *IoT* архитектура традиционалне технике дата је на слици 1.

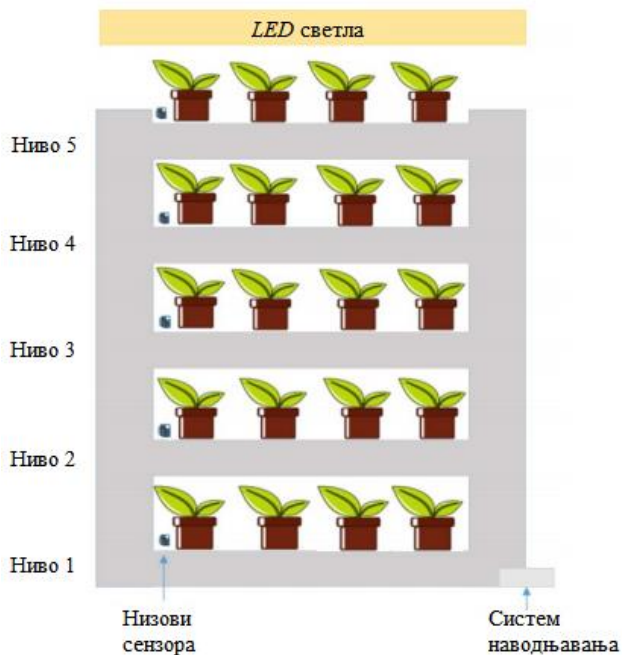


Слика 1. *IoT* архитектура традиционалне технике

2.2. Вертикална техника

Вертикална техника углавном се примењује у паметним стакленицима, где се може обезбедити потребна контрола окружења.

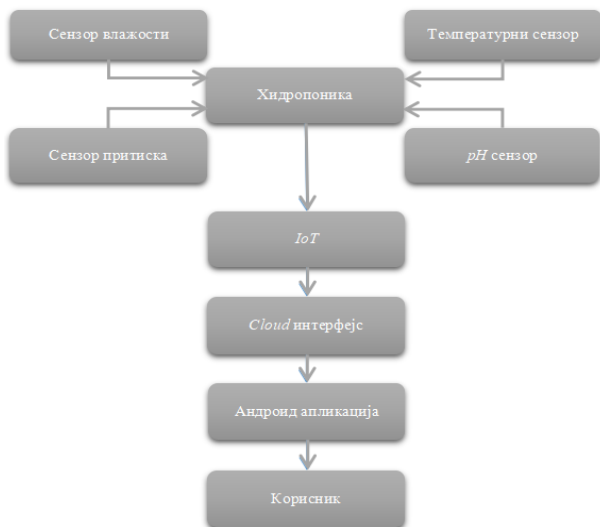
Ова техника још увек је у развоју. Тренутно модели потпуне аутоматизације и оптимизације нису још спроведени. Илустрација ове технике гајења култура дата је на слици 2.



Слика 2. Илустрација вертикалне технике

2.3. Хидропонска техника

Ова техника представља гајење култура у води, без коришћења земљишта, штавише ова техника захтева мање воде у односу на традиционалну. Упркос *IoT* уређајима који се примењују, ова техника захтева обиман ручни рад. Пример стандардног алгоритма који се примењује у овој техници дат је на слици 3.



Слика 3. Пример стандардног алгоритма за хидропонску технику

3. *IoT* ТЕХНОЛОГИЈЕ

Паметна пољопривреда заснована на *IoT* технологијама омогућава пољопривредницима да повећају продуктивност и ефикасно користе ресурсе као што су вода, струја итд. *IoT* решења у паметној пољопривреди представљају системи који су изграђени за надгледање земљишта и усева помоћу сензора (светлост, влажност ваздуха и земљишта, температура, здравље усева итд.) и аутоматизацију система за наводњавање. Пољопривредници могу надгледати услове са било ког места. Такође, могу да бирају између ручних и

аутоматизованих опција за предузимање неопходних радњи на основу прикуљених података.

3.1. Сензори

Сензори су савремена пољопривредна технологија, развијена да помогну пољопривредницима да постигну брже и боље резултате, помажући у одређивању различитих карактеристика земљишта и квалитета усева. Могу се користити за мерење у реалном времену, чиме се контролише промена услова. Такође, може се користити генеришући мапе земљишта помоћу сензора и *GPS*-а. Сензори који се користе у паметној пољопривреди могу се класификовати на акустичне, оптичке, оптоелектронске, електрохемијске, електромагнетне, механичке, сензоре протока ваздуха, протока и нивоа воде, детекције светлости, као и *Field-Programmable Gate Array (FPGA)* и *Eddy Covariance* сензоре.

3.2. Комуникација

Комуникација у области паметне пољопривреде игра важну улогу. Фактори попут трошкова, покривености, потрошње енергије и поузданости су критични и морају се разматрати пре избора начина комуникације система (*WiFi*, *Cellular*, *Bluetooth*, *Zigbee*, *Lora umd.*). Комуникациони протоколи омогућавају уређајима размену података преко мреже. Протоколи дефинишу формате података, њихово кодовање, шему адресирања уређаја и усмеравање пакета. Такође, протоколи омогућавају контролу тока података, као и поновно слање изгубљених пакета.

3.3. *Cloud computing*

Cloud computing представља Интернет *Cloud* „резервоар“ који користи централизовану или дистрибуирану технологију рачунања. *Cloud computing* пружа различите врсте сервиса, инфраструктуру, платформу и софтвер као сервис. Предност *Cloud computing*-а огледа се у динамичком надгледању система и чувању података, као и информисању пољопривредника уз мале трошкове.

У имплементацији система за наводњавање у овом раду битну улогу има *IoT* платформа. Подаци обрађени на микроконтролеру прослеђују се на платформу помоћу *MQTT* протокола. Овај протокол дизајниран је да веома лако врши пренос података помоћу метода *publish* и *subscribe*. На платформи се врши визуелизација података, као и контролна подешавања за жељене акције (паљење/гашење пумпе, слање алармних обавештења итд.). Такође, поред платформе, постоји могућност коришћења андронд апликације која олакшава кориснику увид о подацима система. Ови подаци се синхронизују са платформом, као и жељена актуаторска подешавања.

4. КОМПОНЕНТЕ СИСТЕМА

Компоненте система за наводњавање су:

- систем напајања
- *PCB* (Printed Circuit Board) плоча
- сензорски модули
- пумпа
- *ESP32 DEVKIT V1* микроконтролер
- *Ubidots IoT* платформа

На слици 4. приказана је блок шема хардверских компоненти система за наводњавање о ком се говори у раду.



Слика 4. Блок шема хардверских компоненти

Систем за напајање чине:

- Оловна батерија, чији номинални напон је 12 V, а номинални капацитет 1,3 Ah.
- Монокристални соларни панел, максималне снаге 15 W и максималног напона 18 V које ће соларни контролер прилагодити за потребе система.
- Phocos CML05 соларни контролер [2].

Шема система за напајање дата је на слици 5.



Слика 5. Шема система за напајање

На PCB плочи израђени су потребни излазни пинови за напајање (Директним прослеђивањем 12 V за напајање пумпе и 5 V помоћу L7805 регулатора напона за напајање микроконтролера и сензорских модула), сензорске модуле, место на ком се смешта главна контролна јединица (микроконтролер), као и шема транзистора потребна за контролу пумпе (BD139 NPN транзистор).

Сензорски модули који се користе у систему за наводњавање су:

- BMP280, сензор притиска ваздуха
- HTU21D, сензор температуре и влажности ваздуха
- MQ-135, гасни сензор (CO₂)
- DS18B20, сензор температуре земљишта
- Decagone 10HS, сензор влажности земљишта (за систем су коришћена два сензорска модула)

Пумпа се директно повезује на PCB плочу, на којој се налазе излазни пинови и користи напајање од 12 V. Као што је већ поменуто, путем транзистора уграђеног на плочи могућа је контрола интензитета рада пумпе. Интензитет пумпе контролише се помоћу PWM сигнала који се шаље са микроконтролера [3].

Прагови за активност пумпе и интензитет подешавају се на платформи.

Микроконтролер представља „срце“ система и на њему се врши прикупљање података са сензорских модула, њихова обрада и слање, као и извршавање акција прослеђених са платформе. У овом систему коришћен је ESP32 DEVKIT V1 микроконтролер [4].

Микроконтролер садржи два процесорска језгра са фреквенцијом такта од 240 MHz, као и RAM меморију од 512 kB. Поседује периферне интерфејсе као што су ADC, DAC, I2C, PWM итд. Путем ових интерфејса повезују се одговарајући сензорски модули и одговарајућом технологијом врши пренос података од сензора до микроконтролера. Уграђеним софтверским библиотекама или другим софтверским решењима подаци са обрађују на микроконтролеру. Обрађени подаци се шаљу на платформу помоћу WiFi комуникације коју поседује овај микроконтролер.

Као што је већ споменуто, IoT платформа има важну улогу у систему о ком се говори. Ubidots IoT платформа [5] користиће се као решење за имплементацију система. Подаци обрађени на микроконтролеру шаљу се на платформу преко WiFi мреже и помоћу MQTT протокола. Како MQTT протокол садржи publish/subscribe методе преноса података, методом publish вршиће се слање података на платформу како би се извршила визуелизација. На основу примљених података на платформи, поред визуелизације платформа омогућава подешавање додатних променљивих које се могу мењати на основу примљених података.

Методом subscribe микроконтролер ће се „претплатити“ на задату променљиву на платформи, где ће у реалном времену пратити промене вредности. Ове променљиве имају улогу актуатора, где ће се на основу подешених услова мењати вредности (0 или 1 за стање активности пумпе) или задавати ручно (интензитет рада пумпе). Када се на платформи промени вредност променљиве на којој је микроконтролер subscribe-ован, микроконтролер ће извршити акцију (упалити/угасити пумпу или променити интензитет рада пумпе).

5. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СИСТЕМА

Да би се компоненте система, о којима се говорило у претходном поглављу, интегрисале у једну целину, потребно је имплементирати софтверско решење, као и извршити подешавања на платформи.

За реализацију програмског кода коришћено је Arduino IDE развојно окружење са уграђеним библиотекама за дефинисање интерфејса за комуникацију микроконтролера са сензорским модулима, са могућношћу обраде података, као и комуникације микроконтролера са платформом.

Да би се постигла аутоматизација система потребно је подесити жељене услове за рад пумпе. Ова подешавања задају се на платформи у делу Data/Events, где се на основу обрађених података послатих са микроконтролера постављају вредности прагова.

На слици 6. приказане су софтверске библиотеке коришћене за имплементацију кода.

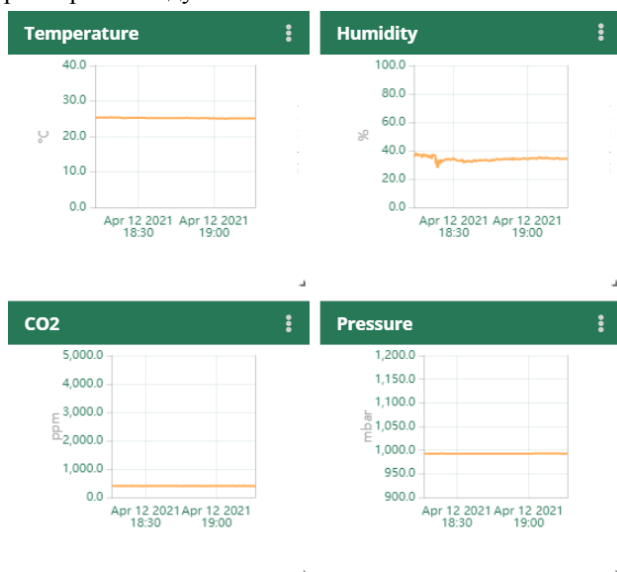
```

#include <WiFi.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include "SparkFunHTU21D.h"
#include <BME280I2C.h>
#include <MQ135.h>
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

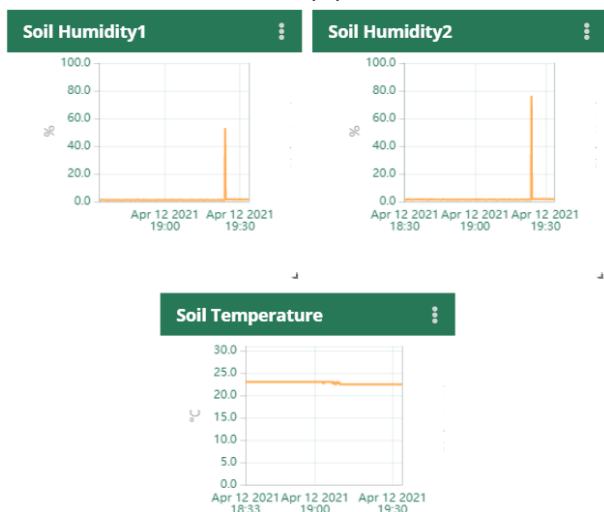
```

Слика 6. Библиотеке коришћене за имплементацију кода

Слике 7. и 8, респективно, приказују графике вредности података примљених са микроконтролера за параметре из ваздуха и земљишта.



Слика 7. Визуелизација података за параметре у ваздуху



Слика 8. Визуелизација података за параметре у земљишту

6. ЗАКЉУЧАК

Паметна пољопривреда може постићи високе резултате помоћу *IoT* технологија. Технологија је последњих година изузетно напредовала, стога узгајање пољопривредних култура применом паметних стакленика нуди велики број решења.

Главни циљ овог рада јесте да се имплементацијом паметног система за наводњавање постигну резултати уштеде воде, енергије, као и смањењу ангажовања радне снаге. Сензорским технологијама, микроконтролером и *IoT* платформом олакшати пољопривредницима гајење пољопривредних култура. Праћењем података о влажности и температури земљишта, као и температури, влажности, притиску и концентрацији *CO2* у ваздуху, пољопривредник ће моћи да анализира и доноси одлуке о побољшању производње.

Како је паметна пољопривреда још увек у равоју, развијају се и решења са имплементацијом нових и ефикаснијих паметних система.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://www.researchgate.net/publication/340326857_Internet_of_Things_Empowered_Smart_Greenhouse
- [2] <https://cdn.sos.sk/productdata/ff/87/b1feaf2/cml-05.pdf> (приступљено у априлу 2021.)
- [3] <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/introduction-to-microcontroller-timers-pwm-timers/> (приступљено у априлу 2021.)
- [4] <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/> (приступљено у априлу 2021.)
- [5] <https://ubidots.com/>

Кратка биографија:



Димитрије Ђукановић рођен је у Лозници 1994. год. Дипломирао је на Факултету техничких наука Универзитета у Новом Саду, из области Електротехнике и рачунарства – Енергетика, електроника и телекомуникације у октобру 2018. год. и уписује мастер академске студије на истом факултету.



Живко Бојовић рођен је у Пећи 1967. год. Завршио Електротехнички факултет у Приштини, а магистарску тезу из области обраде говорног сигнала и докторску дисертацију на тему тестирања квалитета сервиса у живој *IP MPLS* мрежи, одбранио је на Факултету техничких наука у Новом Саду где од од 2020. године ради као ванредни професор.



Дејан Немец рођен је 1972. год. Дипломирао, специјализирао и магистрирао је на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства. Област интересовања су му телекомуникације и обрада сигнала.

Захвалница:

Израду овог рада помогао је Факултет техничких наука у Новом Саду, Департаман за енергетику електронику и телекомуникације, у оквиру пројекта под називом: "Истраживања у области енергетике, електронике, телекомуникација и примењених информационих система у циљу модернизације студијских програма".