

IOT SISTEM ZA PRENOS FOTOGRAFIJA U CILJU ODREĐIVANJA FOTOSINTEZE KOD BILJAKA

*Dušan Marković¹, Dalibor Tomić¹, Snežana Tanasković¹, Vladeta Stevović¹,
Uroš Pešović², Siniša Randić²*

Izvod: Primena tehnoloških i naučnih dostignuća u oblasti poljoprivrede otvorila je novu eru za projektovanje i razvoj savremenih uređaja za praćenje zdravstvenog stanja biljaka. U radu je predstavljen model IoT sistema sa uređajima koji snimljenu fotografiju uz pomoć infracrvene kamere prenose do računara na Internetu, pri čemu su IoT uređaji zasnovani na Raspberry Pi platformi uz dodatak odgovarajuće NoIR modul kamere. Korisnici imaju mogućnost pristupiti obrađenim fotografijama preko Interneta na osnovu kojih mogu utvrditi intezitet fotosinteze posmatranih biljaka. IoT uređaje sa odabranom platformom karakteriše niska cena, male dimenzije i jednostavna implementacija na lokalitetima gde postoji pristup Internetu.

Ključne reči: fotosinteza, IoT, Raspberry Pi, infragram

Uvod

Fotosinteza je osnovni proces tokom kog se svetlosna energija apsorbuje i konvertuje u organsku materiju. Veliki značaj za ovaj proces ima postojanje biljnog pigmenta hlorofila, kao posrednika u transformaciji apsorbovane svetlosne energije (Pavlović et al., 2014). Hlorofil a je glavni pigment fotosinteze i sadrže ga sve zelene biljke koje obavljaju fotosintezu. Hlorofili b, c i d su pomoćni (sekundarni) fotosintetički pigmenti. Oni apsorbuju svetlost onih talasnih dužina koje propušta hlorofil a, čime povećavaju efikasnost fotosinteze. Hlorofili apsorbuju svetlost u plavom (430-490 nm) i crvenom (630-760 nm) delu spektra, a zelenu svetlost propuštaju, te otuda imaju zelenu boju. S obzirom da se ceo proces fotosinteze obavlja posredstvom hlorofila, praćenjem njegovog sadržaja u biljkama može se odrediti efikasnost fotosinteze. Rezultati istraživanja velikog broja autora ukazuju da je promena sadržaja hlorofila jedan je od najočiglednijih simptoma biljnog stresa (Lichtenhaler, 1996; Nikolić, 1997; Lichtenhaler and Babani, 2004; Pavlović 2005).

Tehnološki i naučni napredak u oblasti poljoprivrede otvorio je novu eru za projektovanje i razvoj savremenih uređaja za praćenje zdravstvenog stanja biljaka. Analiza različitih parametara, koji utiču na zdravlje biljaka uz primenu naprednih uređaja poput „Raspberry Pi and Arduino“ integrisan sa različitim tipovima senzora, može biti jako korisna u ovom pogledu (Variyar et al., 2015). Razvoj „infragram“ tehnologije stvorio je nove mogućnosti za praćenje sadržaja hlorofila u listu živih biljaka i na taj način praćenje njihove reakcije na određene faktore spoljne sredine. Internet of Things (IoT) predstavlja koncept prema kome objekti u okruženju mogu preko žične ili bežične veze i jedinstvenog adresiranja međusobno razmenjivati

¹Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (dusan.markovic@kg.ac.rs, dalibort@kg.ac.rs, stanasko@kg.ac.rs, vladeta@kg.ac.rs);

²Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (pesovic@ftn.kg.ac.rs, rasin@ftn.kg.ac.rs).

informacije i zajednički delovati kako bi kreirali nove aplikacije i servise za korisnike. Zadatak IoT jeste da omogući dostupnost objekata preko Interneta, tako da su oni uvek povezani - na bilo kom mestu da se nalaze, ako imaju pristup Internetu.

Cilj rada bio je prikaz modela sistema sa IoT uređajem uz dodatak NoIR kamere za dobijanje fotografija na osnovu kojih se može odrediti intezitet fotosinteze biljaka. Sistem podrazumeva slanje fotografija na udaljeni server gde bi se pratilo stanje informacija koje one pružaju, a arhiviranim i novim informacijama korisnici bi mogli da pristupaju preko Interneta.

Model IoT uređaja

IoT predstavlja mrežu fizičkih objekata koji sadrže tehnologiju za komunikaciju i za prikupljanje informacija o stanjima objekata kao i parametrima iz okruženja (Vermesan et al., 2014). IoT objekat predstavlja platformu na kojoj se stiču efikasni bežični protokoli, unapređeni senzori, procesori niske cene i odgovarajući softver koji su omogućili ostvarenje i primenu IoT koncepta. IoT inteligentna mreža povezuje objekte na Internetu u svrhu razmene podataka i komuniciranja preko informacija senzorskih uređaja u saglasnosti sa dogovorenim protokolima (Chen et al., 2014). Autori navode, da se uz pomoć IoT ostvaruju mogućnosti inteligentne identifikacije, lociranja, praćenja, nadgledanja i upravljanja stvarima odnosno objektima. Preko IoT postignut je nastavak Internet zasnovane mreže koja proširuje komunikaciju između ljudi na komunikaciju između fizičkih objekata ili ljudi i fizičkih objekata.

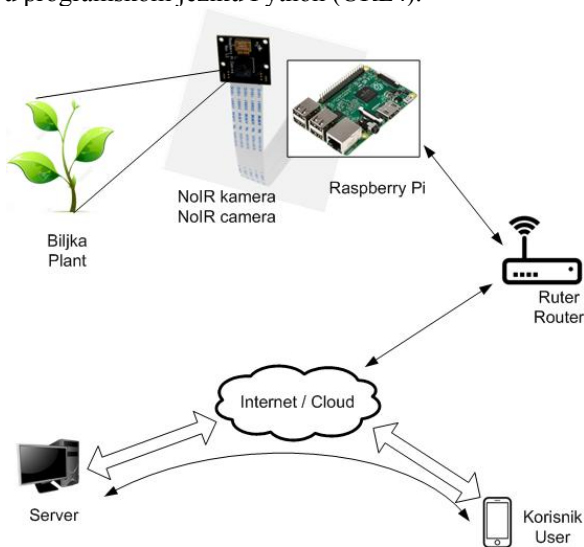
Prema Maksimović et al. (2014) Raspberry Pi u poređenju sa drugim popularnim razvojnim pločama predstavlja, shodno zahtevima, pogodnu platformu za realizaciju računarski podržanih uređaja niske cene sa adekvatnom podrškom za mrežnu komunikaciju i za veliki broj ulaznih i izlaznih periferija. U istraživanjima Polo et al. (2015) predstavljena je senzorska mreža koja može da pokrije velika polja. Senzorski uređaji su raspoređeni tako, da je udaljenost prevelika za njihovu međusobnu komunikaciju. U tu svrhu, za prikupljanje podataka sa statičnih uređaja, dizajniran je mobilni senzorski uređaj koji za kretanje koristi mini letelicu. U ovom slučaju za računarsku podršku odabrana je Raspberry Pi platforma zbog svoje niske cene, male težine i dimenzija na kojem se može pokrenuti kompletna Linux distribucija. Za prenos slike je odabran Raspberry Pi kamera modul.

Prilikom modelovanja IoT uređaja primenjen je Raspberry Pi 2 model koji posedje ARMv7 procesor na kome mogu da se pokrenu Linux distribucije i Windows 10. Platforma takođe poseduje 4 USB porta, Ethernet priključak, HDMI, Kamera inerfejs (CSI), Displej interfejs (DSI), kao i slot za mikro SD karticu (URL1). Raspberry Pi kameru karakteriše 5MP Omnivision 5647 senzor u okviru modula sa fiksnim fokusom. Kamera modul se povezuje sa Raspberry Pi pločom preko 15 pinskog trakastog kabla na namenski 15 pinski MIDI Camera Serial Interface (CSI), koji je posebno dizajniran za povezivanje sa kamerom. Kamera modul je malih dimenzija, 25mm x 20 mm x 9 mm, sa težinom nešto većom od 3g. Kamera ima rezoluciju od 5 megapiksela i u mogućnosti je da pruži statične slike sa 2592 x 1944 piksela. Pored toga podržava video prenos 1080p sa 30fps, 720p sa 60fps i 640x480p sa 60/90 video snimanjem. Modul ne sadrži infracrveni filter što ga čini pogodnim za snimanje infracrvenih fotografija u uslovima sa slabim osvetljenjem (URL2).

U poljoprivredi se infracrvene slike koriste za detekciju vlažnosti, gljivičnih infekcija i drugih stanja useva. Fotografije dobijene uz pomoć senzora, koje sadrže spektar blizu

infracrvenog zračenja, mogu imati primenu kod velikih farmi ili vinograda za procenjivanje zdravstvenog stanja biljaka na većem prostoru. U ovom radu predstavljen je model sistema sa kamerom malih dimenzija - NoIR kamera, koji je zasnovan na Raspberry Pi platformi za snimanje fotografija biljaka na odabranom lokalitetu. Predstavljena NoIR kamera nema infracrveni filter tako da se uz dodatak plavog ili NGB filtera može izmeriti infracrvena svetlost. Na ovaj način snimljena multispektralna fotografija može se procesuirati tako da se na osnovu podataka koje ona sadrži, za svaki piksel izračunava NDVI indeks, shodno čijim vrednostima se formira nova slika gde su oblasti sa izraženom fotosintezom predstavljene kao svetli regioni. NDVI indeks može imati vrednost od -1 do 1 pri čemu zdrave biljke obično imaju NDVI indeks koji se kreće od 0,2 do 0,9 (URL3).

Jedan od načina da se procesira slika jeste uz pomoć online alata koji je besplatno dostupan na infragram.org. Pored navedenog načina moguća je i manualna obrada uz pomoć programa Photoshop ili Gimp, zatim uz pomoć PhotoMonitoring dodatka za program ImageJ (Photo Monitoring Plugin), kao i obrada pojedinačnih slika uz pomoć skripte napisane u programskom jeziku Python (URL4).



Slika 1. Prikaz sistema za praćenje fotosinteze u okviru IoT koncepta
Figure 1. IoT Sistem for monitoring photosynthesis

Na slici 1. predstavljen je sistem za praćenje fotosinteze sa IoT uređajem na koji je povezana NoIR kamera. Na kameri je dodat i plavi filter kako bi uz pomoć jedne kamere mogla da se ostvari višespektralna slika iz koje se kasnije može dobiti NDVI slika. Podaci odnosno fotografije se prenose preko lokalne mreže i rutera dalje do udaljenog servera na Internetu. Uređaj ima mogućnost žičnog povezivanja preko Ethernet priključka kao i mogućnost bežičnog povezivanja na WiFi mrežu. Preko javne adrese koja se nalazi na ruteru uz određenu konfiguraciju moguće je prosleđivati zahteve prema uređaju. Uređaj može biti zajedno sa kamerom postavljen u odgovarajuće kućište i može se koristiti u bilo kom okruženju gde postoji pristup Internetu. Sa druge strane prenete fotografije mogu biti

procesuirane na serveru kako bi se dobila NDVI slika kojima korisnici takođe mogu pristupiti preko Interneta kao i arhiviranim fotografijama prikupljenim u prethodnom periodu.

Primena infragram tehnologije

Na sadržaj hlorofila u listu biljaka utiču mnogi faktori. Nikolić (1997) navodi nekoliko faktora, kao što su: genetički (sam genotip), morfološki (starost i položaj listova), fiziološki (proces i razlaganja i sinteze hlorofila i njegove distribucije). Značajan uticaj prema Milivojević and Nikolić (1998) i Anderson et al. (1993) ostvaruju i abiotički (herbicidi temperatura, relativna vlažnost, mineralna ishrana, kvalitet svetlosti, ...). To ukazuje da se praćenjem sadržaja hlorofila u listu biljaka može analizirati uticaj navedenih faktora na biljnu proizvodnju, a time i pronaći njegove optimalne vrednosti za intenziviranje procesa fotosinteze u datim uslovima. Navedene analize mogu ukazati, da li je neka agrotehnička mera imala pozitivan ili negativan uticaj na biljke.

Prema Peoples and Koch (1979) nedostak mineralnih hraniva kod lucerke značajno smanjuje fotosintezu i fotorespiraciju, a povećava respiraciju u tamnoj fazi. Pettigrew (2008) i Sawan et al. (2009) ukazuju da nedostatak makroelemenata u ishrani biljaka dovodi do smanjenja intenziteta fotosinteze. Anuradha and Sharma (1995) ukazuju da primena makroelemenata povećava sadržaj hlorofila u listu mnogih biljaka. U manjim koncentracijama mikroelementi pozitivno utiču na povećanjem količine hlorofila i broja hloroplasta po jedinici površine lista (Lipskaya, 1972). Ali, prema Chatterjee and Chatterjee (2005), višak mikroelemenata može dovesti do štetnog dejstva, usled inhibiranja aktivnosti PS2 i smanjenju izvoza fotoasimilativa u tamnoj fazi fotosinteze. Primenom infragram tehnologije moguće je utvrditi granice između korisnih i štetnih količina mikro i makroelemenata u određenim uslovima, čime se može povećati produktivnost proizvodnje.

Primenom infragram tehnologije, takođe se može odrediti i uticaj različitih pH vrednosti supstrata na biljke i utvrditi najoptimalnija vrednost za datu vrstu i sortu u datim uslovima (Variyar et al., 2015). Takođe, autori navode da je na ovaj način moguće praćenje zdravstvenog stanja biljaka na osnovu varijacija u fotosintezi.

Zaključak

U poljoprivredi se „Raspberry Pi and Arduino“, „infragram“ tehnologije i IoT mogu koristiti za detekciju vlažnosti, gljivičnih infekcija i drugih stanja useva. U radu je predstavljen model IoT sistema za prenos fotografija do računara na Internetu pri čemu su IoT uređaji zasnovani na Raspberry Pi platformi uz dodatak odgovarajuće NoIR modul kamere. Korisnici mogu sa bilo koje lokacije preko Interneta pristupiti obrađenim fotografijama na osnovu kojih mogu utvrditi intezitet fotosinteze posmatranih biljaka. Odabranu platformu karakteriše niska cena, male dimenzije i jednostavna implementacija na lokalitetima gde postoji pristup Internetu.

Napomena

Rad je realizovan u okviru projekta TR 32043, finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period 2011-2016.

Literatura

- Anderson D.M., Swanton C.J., Hall J.C., Mersey B.G. (1993). The influence of temperature and relative humidity on the efficacy of glufosinate-ammonium. *Weed Research*. 33(2): 139-147.
- Anuradha K., Sarma P.S. (1995). Effect of moisture stress and applied potassium on yield and biochemical parameters of soybean in vertisols. *Journal of Oilseeds Research*. 12(2): 275-278.
- Chatterjee J., Chatterjee C. (2005). Deterioration of Fruit Quality of Tomato by Excess Cobalt and Its Amelioration. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 1931–1945.
- Chen S., Xu H., Liu D., Hu B., Wang H. (2014): A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective. *IEEE Internet of Things journal*, 1(4): 349-359.
- Lichtenhaler (1996). Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants. *J. Plant Physiol*. 148: 4-14.
- Lichtenthaler H.K., Babani F. (2004). Light Adaptation and Senescence of the Photosynthetic Apparatus: Changes in Pigment Composition, Chlorophyll Fluorescence Parameters and Photosynthetic Activity. In Papageorgiu E & G.C. Govindjee (Eds.), *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 713-736.
- Lipskaya G.A. (1972). Accumulation of chlorophyll in chloroplasts of cucumber leaves under the effect of cobalt and manganese applied separately and together. *Biol. Nauki*. 15: 90-94.
- Maksimović M., Vujović V., Davidović N., Milošević V., Perišić B. (2014). Raspberry Pi as Internet of Things hardware: Performances and Constraints. *Proceedings of 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering - IcETRAN 2014*, pp. EL11.6.1-6, Vrnjacka Banja, Serbia.
- Milivojević D.B., Nikolić B.R. (1998). Effects of diquat on pigment-protein complexes of thylakoid membranes in soybean and maize plants. *Biologia Plantarum*. 41(4): 597- 600.
- Nikolić B. (1997). Uticaj herbicida metribuzina, linurona i dikvata na sadržaj fotosintetskih pigmenata lista soje (*Glycine max. Merr.*). Beograd: Biološki fakultet. Magistarski rad (M.Sc. thesis).
- Pavlović D., Nikolić B., Đurović S., Waisi H., Anđelković A., Marisavljević D. (2014). Chlorophyll as a measure of plant health: Agroecological aspects. *Pestic. Phytomed*. 29(1): 21–34.
- Pavlović D., Vrbničanin S., Elezović I., Marisavljević D., Božić D. (2005). Fiziološki parametri kao osnova razdvajanja rezistentnih od osetljivih populacija *Chepodium album* L. prema atrazinu. *Pesticidi i fitomedicina*. 20(4): 241-246.
- Peoples T.R., Koch D.W. (1979). Role of Potassium in Carbon Dioxide Assimilation in *Medicago sativa* L., *Plant Physiology*. 63: 878-881.
- Pettigrew W.T. (2008). *Physiol. Plant*. 133: 670-681.
- Polo J., Hornero G., Duijneveld C., García A., Casas O. (2015). Design of a low-cost Wireless Sensor Network with UAV mobile node for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119: 19-32.

- Sawan M.Z., Fahmy H.A., Yousef E.S. (2009). Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian Raspberry Pi 2. <https://www.raspberrypi.org>, poslednja poseta: 29.01.2016.
- URL2: Raspberry Pi NoIR Camera Board. <http://www.modmypi.com/raspberry-pi/camera/raspberry-pi-noir-infrared-camera-board-5mp-1080p-v1.3>, poslednja poseta: 29.01.2016.
- URL3: Public Lab - Near-Infrared Camera, <https://publiclab.org/wiki/near-infrared-camera>, poslednja poseta: 30.01.2016.
- URL4: Infrapix, <https://github.com/p-v-o-s/infrapix>, poslednja poseta: 30.01.2016.
- Variyar V.V.S., Haridas N., Aswathy C., Soman K.P. (2015). A Low Cost Aquaponics Plant Health Monitoring System Using Infragram Technology and Raspberry Pi. Proceedings of the International Conference on Soft Computing Systems. 397: 909-917.
- Vermesan O., Friess P., Guillemin P., Sundmaecker H., Eisenhauer M., Moessner K., Arndt M., Spirito M., Medagliani P., Giaffreda R., Gusmeroli S., Ladid L., Serrano M., Hauswirth M., Baldini G. (2014): Internet of Things Strategic Research and Innovation Agenda. Internet of Things - From Research and Innovation to Market Deployment. Vermesan O., Friess P. (eds.), 7-142. Albor, Denmark: River Publishers.

IOT SYSTEM FOR TRANSFER OF PHOTOGRAPHY IN ORDER TO DETERMINE THE PHOTOSYNTHESIS IN PLANTS

*Dušan Marković¹, Dalibor Tomić¹, Snežana Tanasković¹, Vladeta Stevović¹,
Uroš Pešović², Siniša Randić²*

Abstract

The application of technological and scientific achievements in the field of agriculture has opened a new era for the design and development of new tools for monitoring the health of plants. This paper presents an IoT system model with devices that the captured image with an infrared camera transmitted to a computer on the Internet, where IoT devices were based on the Raspberry Pi platform with the addition of appropriate Noir camera module. Users over the Internet could access processed photographs on the basis of which they can determine the intensity of photosynthesis of observed plants. IoT devices with the selected platform is characterized by low price, small size and easy implementation in localities with Internet access.

Key words: photosynthesis, IoT, Raspberry Pi, infragram

¹University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (dusan.markovic@kg.ac.rs, dalibort@kg.ac.rs, stanasko@kg.ac.rs, vladeta@kg.ac.rs);

²University of Kragujevac, Faculty of technical sciences Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (pesovic@ftn.kg.ac.rs, rasin@ftn.kg.ac.rs).