

Koncept industrije 4.0 u oblasti poljoprivrede – Poljoprivreda 4.0

Dorđe Polovina, Aleksandar Kostovski, Igor Popadić, Igor Milijašević i Marjan Urekar , *Member*, IEEE

Apstrakt – U ovom radu predstavljene su neke od ideja koje bi mogle doprineti razvoju proizvodnje hrane. Poljoprivreda 4.0 predstavlja prekretnicu u načinu uzgajanja biljaka i održivosti poljoprivrednih sistema i farmi. Ovakvi sistemi omogućavaju potpunu automatizaciju procesa uzgajanja biljaka, uz mogućnost nadzora u realnom vremenu pomoću određene aplikacije, kao i velike uštede resursa. Sistem poput ovoga bi se sastojao iz četiri funkcionalna bloka: blok sa biljkama, blok za upravljanje, blok za kontrolu i blok računarskog oblaka.

Ključne reči – Poljoprivreda 4.0; Pametni senzori; IoT; Deep learning; Metrologija;

Dorđe Polovina - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: polovina.djordje@yahoo.com)

Aleksandar Kostovski - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: kostovski.aleksandar12@yahoo.com)

Igor Popadić - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: igorpop96@hotmail.com)

Igor Milijašević - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: igorm994@gmail.com)

Marjan Urekar - Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: urekarm@uns.ac.rs)

I. UVOD

Poslednjih desetak godina sve se više govori o povećanju broja stanovnika na Zemlji i kako će to negativno da utiče na proizvodnju hrane odnosno kako će se broj gladnih na planeti drastično povećavati iz godine u godinu ako se nešto ne preduzme u oblasti poljoprivrede. Izveštaji pokazuju da ćemo, iako potražnja neprekidno raste, do 2050. godine morati da proizvedemo do 70% više hrane. Otprilike 820 miliona ljudi širom sveta pati od gladi. Prema istraživanjima Food and Agriculture Organization of United Nations do 2030. godine će više od 8 % svetske populacije biti neuhranjeno a to je više od 700 miliona ljudi [1]. Kao odgovor na ovakav izazov neophodne su nam inovacije u oblasti poljoprivrede i same tehnologije unutar nje. Svedočimo tome da se u poslednje vreme dogodilo veoma malo inovacija u ovoj oblasti od izuzetnog značaja za ceo svet i populaciju, jasno nam je na osnovu statistika da će u narednim godinama glad i oskudica itekako predstavljati problem. Rešenje ovog problema mogla bi da bude Poljoprivreda 4.0 koja predstavlja spoj novih tehnoloških dostignuća i drugačijih - nekonvencionalnih načina uzgajanja. Pre svega, postižu se veće uštede kako novca potrebnog za ulaganje tako i zemljišta, vode i električne energije. Još jedna od značajnih stavki jeste da ovaj sistem učinimo dostupnim svima i da svi mogu da ga koriste bez prethodnih obimnih usavršavanja i kurseva.

Od početka 21. veka poljoprivreda polako napreduje do precizne poljoprivrede, počinju da se koriste novije tehnologije, satelitsko snimanje, GPS, automatizovani roboti i razna vozila.

Pojavom Industrije 4.0 (I4.0), senzori počinju da igraju ključnu ulogu kao delovi koji prikupljaju informacije o stanju i radu, iz tog razloga oni moraju da prikupljaju veliku količinu podataka u realnom vremenu i pri tome da budu energetski efikasni.

Sam razvoj metrologije nam je omogućio ovakve vidove tehnologije koja se koristi i ona je od presudnog značaja za razvoj Poljoprivrede 4.0 jer ovaj vid I4.0 zahteva konstantna merenja, prikupljanje podataka sa senzora kao i međusobnu povezanost i komunikaciju između samih senzora. Metrologija i pametni senzori bi trebalo značajno da unaprede ovu granu industrije tako što bi doveli do implementacije raznih naprednih tehnologija koje bi nesumnjivo olakšale samu proizvodnju kao što su Augmented Reality sistemi, Internet of things, Cloud computing i ostalih. Podaci koji su prikupljeni sa pametnih senzora nam omogućavaju da se dođe do novih zaključaka u cilju poboljšanja rasta i sadnje biljaka, đubrenja, energetske efikasnosti. Sa svim ovim podacima može se posle svakog završenog ciklusa doći do novih saznanja o procesima koji se dešavaju na farmama. Na osnovu ovih saznanja grade se veliki modeli podataka i modeli mašinskog učenja pomoću kojih se optimizuje svaki korak

procesa i dalji tok uzgajanja ali i služi da se predvide prinosi. Cilj uvođenja pametnih senzora kao i svih IoT rešenja u proces proizvodnje nije da se ljudi potpuno isključe iz proizvodnje, već je to podizanje produktivnosti, efikasnosti i sposobnosti za realizaciju svih proizvodnih zadataka. IoT ima ulogu da omogućí efikasan pristup podacima na velikim daljinama vezanim za proizvodnju i da obezbedi dvosmernu komunikaciju [2]. Ovakva rešenja metrologije su od presudnog značaja za stvaranje pametnih fabrika budućnosti kakvima se danas teži.



Sl. 1. Primer monitoringa senzora pomoću pametnih uređaja [3]

II. REAL TIME MERENJE I PRAĆENJE RAZVOJA BILJKI

Ono što najviše karakteriše I4.0, a samim tim i Poljoprivredu 4.0 jeste merenje u realnom vremenu. Razlog zbog kog nam je to od izuzetnog značaja leži u tome što u svakom momentu imamo informacije o našim usevima odnosno uvek možemo da pratimo temperaturu i vlažnost vazduha, vlažnost zemljišta, pH vrednost zemljišta itd. Neka od pitanja vezanih za doprinos real time merenja su:

1) Koje bi benefite donelo uvođenje ovakvog merenja?

Neki od benefita koje bi ovakvo merenje donelo iz ugla profesije unutar poljoprivrede jesu: pravovremeno otklanjanje problema, brzo reagovanje i brza sanacija u slučaju bolesti kod biljaka ili neodgovarajućih uslova. Poljoprivreda se bazira na preventivi odnosno uvek je bolje sprečiti da do samih bolesti dođe, jer se jako teško leče i to zahteva mnogo vremena.

2) Da li bi i kako uštedeli vreme uvođenjem merenja u realnom vremenu?

Itekako bi postigli uštedu vremena. Ovakav vid proizvodnje pomoću I4.0 zahteva konstantan monitoring, na taj način biće potreban manji broj radne snage za proveravanje svake biljke odnosno neće biti potrebe da zaposleni ide redom od biljke do biljke i proverava svaku ponaosob, vreme bi se takođe

uštedelo na prikupljanju podataka o samim usevima kao i o njihovom zavođenju u registre.

3) Da li bi rezultati merenja doprineli većem rodu biljaka i sprečavanju umiranja?

Iako u jednoj meri rod zavisi od same biljke i semena, itekako nam je važno u kakvim uslovima se usevi razvijaju i naravno da je od velikog značaja kontrolisanje tih istih uslova, na taj način bi umiranje biljaka sveli na minimum. Takođe bi na osnovu merenja mogli da predvidimo kakvi uslovi najviše odgovaraju određenoj sorti i da to primenimo u budućnosti.

4) Kakav bi bio kvalitet ovako uzgojenih useva?

Ovakvi usevi bi imali mnogo bolji kvalitet od konvencionalno gajenih iz razloga što na ovaj način kontrolišemo uslove, samim tim i hemijski sastav biljaka čime direktno povećavamo kvalitet. Na ovaj način bi izbegli i upotrebu veštačkih suplemenata kod biljaka što nam odmah govori o prednosti ovakvog uzgajanja.

Kod biljaka imamo više faktora koji utiču na sam razvoj i najbitnije je da pratimo sledeće:

- **TEMPERATURA** – Ne sme biti previsoka, pojačava se disanje biljaka, disimilacija organske materije, transpiracija. Niska temperatura usporava rast biljke kao i fiziološke procese unutar nje same. Svaka biljka ima svoju optimalnu temperaturu koju bismo pratili pomoću senzora i regulisali pomoću regulatora samog sistema.
- **SVETLOST** – Pratimo količinu, intenzitet i kvalitet svetlosti. Trebamo da imamo uvid u talasne dužine svetlosti koje biljka prima jer nije svaki vid svetlosti istog značaja za nju i treba da imamo uvid u period u kom je biljki svetlost neophodna iz razloga što biljke vole i odmor od svetla.
- **VODA** – Bitan je kvalitet odnosno njen hemijski sastav, temperatura, količina vode koja se dodaje biljkama, deficit znači da će biljka polako da se gasi a suficit da se biljka guši tj. stvara se vlažna sredina koja odgovara pojavi štetnih mikroorganizama i bolesti, zbog toga je izuzetno važno imati senzore za praćenje vlažnosti zemljišta.
- **RELATIVNA VLAŽNOST VAZDUHA** – Ne sme biti suviše visoka jer se tada javljaju bolesti, iz zasićenosti vazduha sledi da će biljka teže da diše, preniska vlažnost utiče na slabije deljenje ćelija unutar biljke odnosno usporava rast a to hoćemo da sprečimo. Svaka biljka ima odgovarajuću relativnu vlažnost vazduha – još jedan razlog zašto je bitna implementacija ovakvog sistema.

- HRANA (PRIHRANA) – Bitna je količina koja je data, vreme u koje je data i kad je sledeći put potrebno dodati prihranu usevima, ovde nije potrebno govoriti koliko bi pametni senzori u kombinaciji sa deep learning sistemima olakšali ovu operaciju. Pre svega ovde je potrebno paziti na azot i njegovu koncentraciju iz razloga što je veoma bitan za razvoj mladih biljaka. Tri oblika su usvojiva: amonijak, nitrat i nitrit dok je samo amonijak dobar, a druga dva štete ljudskom organizmu.
- KISEONIK I UGLJEN DIOKSID – Potrebno je paziti na koncentraciju kiseonika kao i na koncentraciju ugljen-dioksida, takođe i na sam kvalitet vazduha. Ovo nam je važno kontrolisati ukoliko nam se usevi nalaze u zatvorenim prostorima. U zatvorenim prostorima je ovo bitno iz razloga što optimalna doza itekako utiče pozitivno na biljke, a povećanje ili smanjenje dovodi do gašenja biljke.
- PH VREDNOST ZEMLJIŠTA – Od ph vrednosti zavisi usvajanje hranljivih materija od strane biljke što je i najbitnije.
- OPTIMALNA VLAŽNOST ZEMLJIŠTA – Ona čini jedan od osnovnih uslova za visoke prinose i dobar kvalitet useva. Nedostatak vode u zemljištu nepovoljno utiče na sam razvoj i rast biljaka kao i na nutritivne vrednosti unutar njih i on značajno smanjuje dobijeni prinos. S druge strane i povećana vlažnost nepovoljno utiče na useve, ako je previše vlažno zemljište duži period, dolazi do nastanka anaerobnih uslova. Povećanje vlažnosti zemljišta utiče na biljku tako da ona menja boju odnosno žuti, zaostaje pri rastu i vene. Na kraju imamo niske prinose koji su lošeg kvaliteta. Zašto je ovde monitoring od velike važnosti govori i činjenica da stalna promena nivoa vlažnosti može dovesti do pucanja korena i plodova [4].

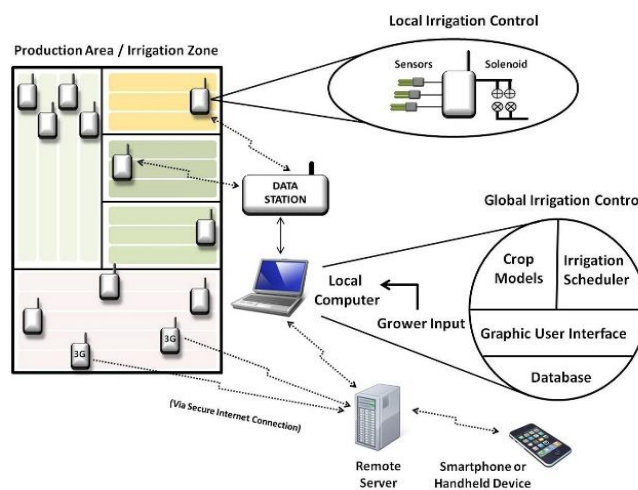
Još jedna od bitnijih stavki pri real time monitoringu predstavljaju i kamere koje su povezane sa pametnim senzorima i implementiranim deep learning sistemom. Ovde se radi o visokokvalitetnim kamerama sa izuzetnom preciznošću – COGNEX kamerama koje se i danas već uveliko koriste unutar industrije, prvenstveno zbog svoje velike pouzdanosti, male veličine i pristupačne cene. Pomoću ovih kamera i sistema za deep learning tehnologiju mogli bi analizirati samu biljku odnosno njene plodove ili listove i na taj način primetiti ako je došlo do nekih promena ili pojave mikroorganizama [5].

Zbog ovog procesa bi pri sadnji bilo potrebno uneti u sistem o kojoj biljci se radi da bi deep learning sistem mogao kasnije da je tretira kao odgovarajuću i da bi se izbegle dodatne komplikacije, a takođe bi mogle da se primene i

konvolucijske neuronske mreže (CNN) [6] ali bi onda sistem bio nešto komplikovaniji. Ukoliko bi došlo do bilo kakvih promena na biljci, sistem bi mogao da označi taj deo sa promenom i obavesti nas u kom sektoru i parceli se tačno ta biljka nalazi i da bi trebali da je pogledamo.

III. REŠENJE SISTEMA ZA UZGAJANJE

Ovaj sistem je zamišljen za indor uzgajanje koje bi bilo potpuno automatizovano i koje bi imalo mogućnost daljinskog praćenja i upravljanja 24 sata dnevno. Sistem bi se sastojao od nekoliko međusobno povezanih blokova: bloka sa smeštenim biljkama, bloka za upravljanje, bloka za kontrolu i bloka računarskog oblaka za skladištenje informacija. U nastavku je svaki blok posebno objašnjen sa idejom za realizaciju.

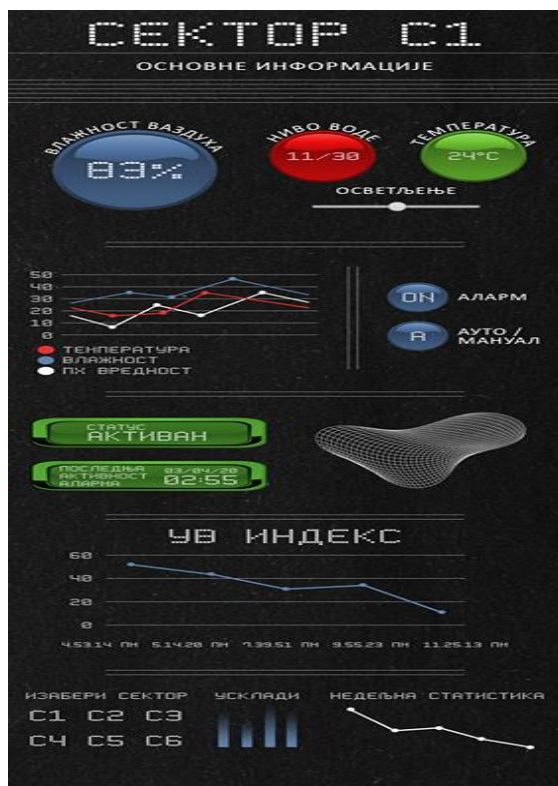


Sl. 2. Grafik senzorske mreže [7]

- 1) BLOK SA BILJKAMA – Ovaj blok čine sektori izdijeljeni na određen broj parcela u koje bi bile posadene biljke. U svakom od ovih sektora bi se nalazili pametni senzori za praćenje svih neophodnih faktora (temperatura i vlažnost vazduha, količina kiseonika i ugljen dioksida, vlažnost zemljišta...). Na osnovu veličine sektora bi se znalo koliko je senzora potrebno postaviti tako da može da se prati razvoj biljaka na celoj površini. Uz same biljke i senzore u ovom bloku bi još bile postavljene cevi za navodnjavanje i prihranu, određeni ventilatori, elementi za regulisanje temperature, specijalne lampe za osvetljavanje, kao i posebne COGNEX kamere za monitoring.
- 2) BLOK ZA UPRAVLJANJE – U ovom bloku nalaze se svi elementi potrebni za normalno funkcionisanje sistema u celini a to su: digitalni upravljački sklopovi za upravljanje navodnjavanjem, prihranom i regulisanjem svetlosti, temperature i ostalih faktora.

Ovde su takođe smešteni elementi za napajanje celog sistema.

- 3) BLOK ZA KONTROLU – Služi da bi se konstantno moglo proveravati da li je sve u redu i da li svaki element u sistemu ispravno radi i ukoliko ne radi mi bi dobili obaveštenje. Iako se I4.0 i pametni senzori unutar nje odlikuju međusobnom povezanošću, odnosno senzori komunikacijom između sebe mogu da ustanove da li neki od njih ne radi dobro i na taj način ga isključe iz mreže, ovaj blok je ipak implementiran radi sigurnosti.
- 4) BLOK RAČUNARSKOG OBLAKA – Koristi se za skladištenje informacija koje su prikupljene od strane senzora i kamera i koje bi služile u daljem razvoju ugrađenih deep learning sistema. Takvi sistemi bi na osnovu ovih podataka kroz određen vremenski period mogli da ustanove da li se radi o bolestima biljke, napadu mikroorganizama ili pojavi određenih insekata. Takođe je zamišljeno da u ovom bloku bude smeštena oprema potrebna za samo funkcionisanje ovih operacija odnosno velike količine memorije, procesori, AI grafičke karte i drugi elementi pomoću kojih je moguće izvršavanje složenijih operacija poput konstantnog monitoringa, razmene podataka sa korisnikom, kao i algoritama za prepoznavanje i klasifikaciju.



Sl. 3. Monitoring pametnih senzora

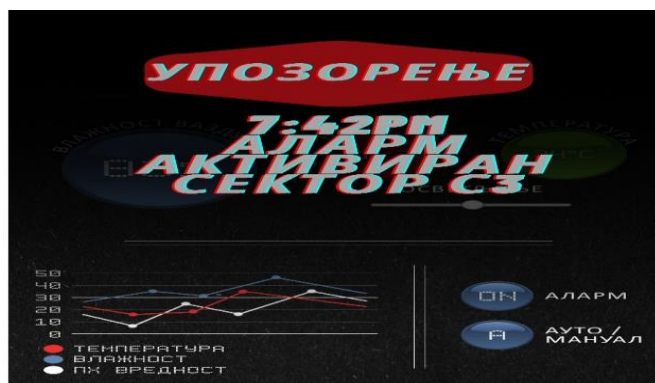
IV. APLIKACIJE ZA PRAĆENJE RADA

Zamišljeno je da uz ovaj sistem dođe i aplikacija pomoću koje je omogućeno upravljanje kao i nadzor sistema 24 sata dnevno. Ovo bi se sve ostvarivalo preko Wi-Fi mreže na koju je ceo sistem povezan i aplikacije na mobilnom telefonu, tabletu ili računaru. Kako se sistem sastoji iz više sektora imali bi vizuelni pristup svakom sektoru pomoću postavljenih kamera. Tako će biti olakšan nadzor po sektorima kao i upravljanje odnosno očitavanje postavljenih senzora. Korisnik u svakom trenutku može da pristupi nekom od senzora u određenom sektoru i proveriti temperaturu, vlažnost zemljišta, nivo ugljen dioksida ili nešto drugo. Aplikacijom se svaki sektor posebno posmatra i postoji mogućnost da se svakim sektor posebno upravlja različito od potreba, kao primer možemo navesti da ćemo u jednom sektoru namestiti temperaturu 10°C dok će u sektoru pored temperatura biti 25°C ako je to potrebno iz bilo kog razloga. Ovakav način nadzora i upravljanja doprinosi uspehu useva, uštedi vremena i novca jer se u svakom delu sistema mogu namestiti odgovarajući uslovi za optimalni rast i zdravlje različitih biljaka [8].



Sl. 4. Aplikacija za pametne uređaje

Pored ovoga preko aplikacije bi nam stizala i obaveštenja ukoliko dođe do kvara nekog elementa sistema ili ukoliko kamere i deep learning sistem otkrije veći broj insekata ili značajniju promenu koja bi mogla negativno da utiče na useve. Takođe bi mogli da pratimo i potrošnju električne energije i vode kao i da na mesečnom nivou vidimo statistiku samog sistema.



Sl. 5. Upozorenje od strane aplikacije u slučaju kvara

V. DISKUSIJA

Iako je ideja predstavljena još pre više godina, Poljoprivreda 4.0 je i dalje inovativno rešenje koje bi što pre trebalo da zameni nama poznati uzgoj useva. S obzirom na stalni rast broja stanovnika na planeti, promenu svetske klime, stalne ratove koji se odvijaju u celom svetu – Poljoprivreda 4.0 predstavlja itekako nešto čemu treba maksimalno da se posvetimo ako mislimo da smanjimo broj gladnih u svetu i što je najbitnije da opstanemo kao vrsta. Prelazak na ovaj vid poljoprivrede doneo bi više korisnih stvari.

Glavna ideja je da se ovaj koncept primeni na vertikalni uzgoj, koji poređenja radi na istom prostoru daje od 8 do 10 puta veći prinos nego klasični – horizontalni uzgoj kakav mi danas poznajemo [9]. Uz to, u kontrolisanim uslovima kakve naš sistem obezbeđuje skraćuje se vreme proizvodnje za 15 do 20 dana pri upotrebi jednog od sledećih tehničko-tehnoloških rešenja.

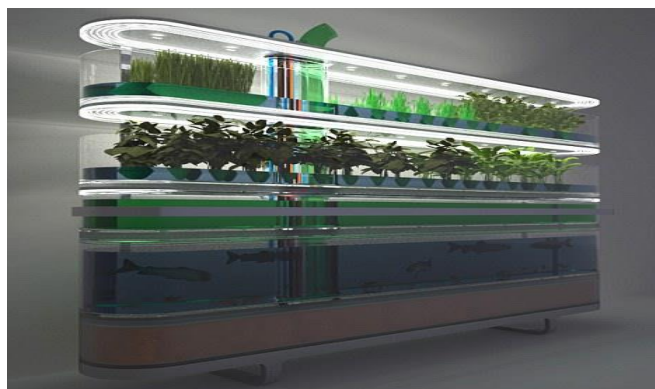
Ta rešenja za poboljšanje ovog našeg sistema ogledala bi se u prelasku na hidroponik, akvaponik ili aeroponik način uzgoja odnosno uzgajanje bez upotrebe zemljišta [10].

1) Hidroponik – Biljke se gaje u vodenom supstratu i biljka sve potrebne hranjive materije uzima iz vode koja kruži unutar zatvorenog sistema. Kod hidroponik sistema u vodu se dodaju razni aditivi kako bi biljki omogućili pravilan rast i razvoj [11].



Sl. 6. Hidroponik sistem za uzgajanje [12]

2) Akvaponik – Predstavlja vrstu hidroponik sistema, kod kog se umesto korišćenja raznih aditiva oslanjamo na prirodni proces. Ovo je vid proizvodnje koji kombinuje tradicionalnu akvakulturu (uzgajanje vodenih životinja u akvarijumu) sa hidroponik sistemom u simbiotskom okruženju.



Sl. 7. Akvaponik sistem za uzgajanje [13]

3) Aeroponik – Predstavlja gajenje u vazduhu odnosno kod ovakvog sistema korenje visi u praznom koritu ali se svakih nekoliko minuta prska fino raspršenom hranljivom izmaglicom.



Sl. 8. Izgled jedne aeroponik farme [14]

Ovi sistemi mogu da smanje potrošnju vode za 98%, upotrebu đubriva za 60%, a potpuno isključuju upotrebu pesticida, pri čemu nam daju maksimalne prinose [15]. Cilj ovog rada je da unapredimo već postojeće automatizovane farme za uzgajanje uvodeći rešenja Industrije 4.0, a takođe i da ih učinimo energetski efikasnim. Jedna od stvari koju je potrebno uraditi u ostvarenju tog cilja jeste zameniti postojeću rasvetu sa pametnim LED osvetljenjem. Uticaj ovakvog pametnog osvetljenja prevazilazi same prednosti već postojećih sistema rasvete za uzgajanje kao što je poboljšanje kvaliteta useva i ušteda energije pre svega. Pametna svetla uz pomoć senzora su od velike koriste za uzgoj, jer nam na taj način omogućavaju precizno kombinovanje odgovarajućih svetala u zavisnosti od vrste biljke i dobi u kojoj se nalazi. Svaka biljka zahteva posebnu količinu i intenzitet svetlosti, pa bi na ovaj način mogli da svakoj vrsti obezbedimo idealne uslove koji su joj potrebni i kontrolišemo ih, a samim tim će biljka brže da raste i biće kvalitetnija.

LITERATURA

Sledeća stvar za unapređenje jeste konstantni monitoring kako od strane senzora tako i od strane kamera postavljenih u sektore. Pomoću njih otvara nam se mogućnost za detektovanjem određenih promena na biljci koje bi nepovoljno uticale na dalji razvoj kao i detektovanje insekata. Jedan od planova je da se na hale u kojima se ovi sistemi nalaze dodatno postave solarni paneli i energetska efikasna stakla kako bi se potrošnja električne energije svela na minimum ako ne i na nulu [16].

Uzgoj određenih sorti igra veoma bitnu ulogu jer različite sorte zahtevaju različito vreme rasta, a neke je lakše, a neke teže uzgajati. Trenutni hit u svetu predstavlja mikrobilje kojem je potrebno izuzetno malo vremena da se razvije do „gotovog proizvoda“, svega par nedelja, dok sadrži nekoliko puta više hranljivih materija, vitamina i minerala [17]. Benefiti koje uzgoj mikrobilja donosi ogledaju se u bržoj i jeftinijoj proizvodnji i značajnom doprinosu zdravoj i pristupačnoj ishrani. Nažalost u našoj zemlji se relativno malo zna o ovim rešenjima dok stručnjaci sa druge strane govore o ovim rešenjima kao o budućnosti poljoprivrede koja je već počela.

Na ovakav način hrana se može proizvoditi svuda u svetu bez obzira na to kakvi su klimatski uslovi ili kvalitet zemljišta. Doprinelo bi se očuvanju životne sredine jer bi se značajno smanjila upotreba đubriva i hemikalija za zaštitu. Uštede bi se ogromne količine vode i električne energije i smanjila bi se količina otpada nastala tokom proizvodnje što bi dodatno povoljno uticalo na životnu sredinu.

ZAKLJUČAK

U ovom radu se nalaze samo neke od ideja za unapređenje agrikulture i samog procesa proizvodnje hrane. Kao što se vidi iz istraživanja i statistika svetskih organizacija čekaju nas sve teža vremena koja će zahtevati nove ideje i realizaciju istih kako bi se smanjila glad u svetu i kako bi uopšte uspeali da opstanemo. Najveća primena ovog koncepta trebala bi da bude u našoj zemlji ukoliko hoćemo da sprečimo dalje iseljavanje mladih, kao i zaostajanje za svetskim vodećim zemljama u pogledu ekonomije ali i tehnološkog razvoja. Srbija kao zemlja poljoprivrede i velikog potencijala u ovoj oblasti trebala bi da se okrene modernizaciji iste i da uz primenu Industrije 4.0 i novih tehničkih rešenja dospe u vrh vodećih zemalja u ovim oblastima.

ZAHVALNICA

Autori bi želeli da se zahvale celoj Katedri za električna merenja na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na velikoj pomoći i podršci pri izradi rada.

- [1] http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- [2] <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/feb/agriculture-4-0--the-future-of-farming-technology.html>
- [3] <https://www.wisnam.com/smart-farm-project/>
- [4] <https://extension.oregonstate.edu/gardening/techniques/environmental-factors-affecting-plant-growth>
- [5] <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/tech-focus/agriculture-4-environment-monitoring>
- [6] <https://arxiv.org/pdf/1511.08458.pdf>
- [7] <https://smart-farms.net/>
- [8] <https://www.luda.farm/support/the-internet-of-farms/>
- [9] <https://www.cropsreview.com/vertical-farms.html>
- [10] <https://www.agritechtomorrow.com/article/2018/05/1-article-for-2018-growing-with-hydroponics-aeroponics-and-aquaponics/10733/>
- [11] <https://permaculture.rs/akvaponika-hidroponika/>
- [12] <https://www.theinertia.com/health/is-the-future-of-farming-indoors/>
- [13] <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1219701/The-DIY-fish-supper-Future-kitchen-grows-vegetables-seafood.html>
- [14] <https://www.indiamart.com/proddetail/aeroponic-cultivation-consultancy-4093042988.html>
- [15] <https://www.poljosfera.rs/agrosfera/agro-teme/povrtarstvo/aerponika-najsavremenija-tehnologija-u-hidroponiji/>
- [16] <https://solarmagazine.com/how-industry-4-0-can-impact-energy/>
- [17] <https://pubag.nal.usda.gov/download/59409/PDF>
- [18] <https://www.scribd.com/book/182542482/The-Vertical-Farm-Feeding-the-World-in-the-21st-Century>
- [19] <https://www.cognex.com/industries/food-and-beverage/product-quality-inspection>
- [20] <https://blynk.io/clients#startup>
- [21] <https://www.innovationhub.es/news/five-benefits-farm-40>
- [22] <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
- [23] <https://www.techrepublic.com/article/agriculture-4-0-how-digital-farming-is-revolutionizing-the-future-of-food/>
- [24] <http://ijamtes.org/gallery/185-jan19.pdf>
- [25] Slobodan Antić, "Digitalization in Agriculture: Digital Revolution in Agriculture: Industry 4.0"
- [26] Antle, J.M., Jones, J.W., Rosenzweig, C.E., 2017. Next generation agricultural system data, models and knowledge products: introduction. *Agric. Syst.* 155, 186–190

ABSTRACT

This paper presents some of the ideas that could contribute to the development of agriculture and food production itself. Agriculture 4.0 represents a turning point in the way plants are grown and the sustainability of the systems and farms themselves. Such systems enable complete automation of the plant growing process, with the possibility of real-time monitoring using a specific application, as well as great resource savings. A system like this would consist of four functional blocks: block with plants, management block, control block and cloud block.

Concept of industry 4.0 in agriculture – agriculture 4.0

Đorđe Polovina, Aleksandar Kostovski, Igor Popadić, Igor Milijašević, Marjan Urekar