

## **Izazovi primene Interneta stvari u poljoprivredi**

### **Challenges of Internet of Things application in agriculture**

*Prof. dr Vlado Radić<sup>1\*</sup>, doc. dr Nikola Radić<sup>2</sup>, doc. dr Marija Marković-Blagojević<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Mitropolita Petra 8, 11000 Beograd /  
Faculty of Business Economics and Entrepreneurship, Mitropolita Petra 8, 11000 Belgrade, Serbia

\*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 10.01.2022, Rad prihvaćen / Accepted: 06.02.2021.

**Sažetak:** Rastuća tražnja za internetom stvari (IoT) donosi mnogo više paradigmi u nekoliko oblasti aplikacija, kao što su pametni gradovi, pametna sela, pametno upravljanje energijom, pametna poljoprivreda, pametna zdravstvena zaštita, itd. Internet stvari ima za cilj integraciju virtuelnog sveta sa fizičkim svetom, korišćenjem interneta kao komunikacionog medija. Internet stvari je praktično izvodljiv sa nekoliko postojećih tehnologija, kao što su bežične senzorske mreže, radiofrekventna identifikacija, računarstvo u oblaku i aplikacije za krajnje korisnike. Tehnologije povezane sa IoT imaju veliki uticaj na preciznu ili pametnu poljoprivredu, kao i na globalnu ekonomiju. Integracija proizvoda, znanja i usluga kroz IoT maksimizira obim produktivnosti, kvalitet proizvoda i profit u poslovanju. Trenutna istraživanja o IoT u poljoprivredi fokusiraju se na izazove, ograničenja i koristi u tom sektoru. U radu će se analizirati neki od navedenih izazova i ograničenja, a posebna pažnja usmeriće se na bezbednosni aspekt primene IoT.

**Ključne reči:** IoT, pametna poljoprivreda, veliki podaci, računarstvo u oblaku, bežični senzori, RFID.

**Abstract:** The growing demand for the Internet of Things (IoT) brings many more paradigms in several application areas, such as smart cities, smart villages, smart energy management, smart agriculture, smart healthcare, etc. The Internet of Things aims to integrate the virtual world with the physical world, using the Internet as a communication medium. The Internet of Things is practically feasible with several existing technologies, such as wireless sensor networks, radio frequency identification, cloud computing and end-user applications. IoT-related technologies have a major impact on precision or smart agriculture, as well as on the global economy. Integrating products, knowledge and services through IoT maximizes productivity, product quality and business profits. Current research on IoT in agriculture focuses on the challenges, constraints and benefits of the sector. The paper will analyze some of these challenges and limitations, and special attention will be paid to the security aspect of IoT implementation.

**Keywords:** IoT, smart agriculture, big data, cloud computing, wireless sensors, RFID.

<sup>1</sup>[orcid.org/0000-0001-5571-4244](https://orcid.org/0000-0001-5571-4244), e-mail: [vlado.radic55@hotmail.com](mailto:vlado.radic55@hotmail.com)

<sup>2</sup>[orcid.org/0000-0002-8862-3004](https://orcid.org/0000-0002-8862-3004), e-mail: [bra.radici@hotmail.com](mailto:bra.radici@hotmail.com)

<sup>3</sup>[orcid.org/0000-0002-4825-8102](https://orcid.org/0000-0002-4825-8102), e-mail: [mmarija@gmail.com](mailto:mmarija@gmail.com)

## UVOD / INTRODUCTION

Cilj održive poljoprivrede je povećanje prinosa kako bi se zadovoljile potrebe za hranom 10 milijardi ljudi do 2050. godine (WPP, 2019), a "pametna" poljoprivreda (smart agriculture) je neizbežan pristup za ostvarenje ovog cilja. Pametna poljoprivreda se definiše kao sistem poljoprivrede u kome su najsavremenije tehnologije integrisane sa tradicionalnim pristupima poljoprivredi radi poboljšanja kvaliteta i kvantiteta poljoprivredne proizvodnje, uz istovremeno značajno smanjenje inputa, poboljšanje produktivnosti, prinosa i profita i smanjenje uticaja na životnu sredinu (Roser i dr., 2019). U odnosu na trenutni trend (49%), predviđanja su da će se urbanizacija do 2050. godine ubrzati i da će oko 70% svetske populacije biti urbano (UN, 2018). Takođe, očekuje se da će prihodi biti veći nego što su sada, što će pokrenuti tražnju za hranom, posebno u zemljama u razvoju. Da bi se nahranilo veće, urbanije i bogatije stanovništvo, proizvodnja hrane do 2050. godine trebala bi da se udvostruči (UN, 2009). Konkretno, sadašnja cifra od 2,1 milijarde tona godišnje proizvodnje žitarica treba da bude približno 3 milijarde tona, a godišnja proizvodnja mesa trebalo bi da se poveća za više od 200 miliona tona da bi se ispunila potražnja od 470 miliona tona (FAO, 2019).

Pošto je poljoprivreda značajan sektor u ekonomiji svake zemlje, tradicionalne metode koje su decenijama korišćene za proizvodnju hrane danas ne mogu zadovoljiti znatno povećane potrebe. Cilj primene novih tehnologija u poljoprivredi je povećanje prinosa, smanjenje vremena žetve, smanjenje troškova i uticaja na životnu sredinu. Novo doba podrazumeva korišćenje tehnologija, aplikacija i rešenja implementiranih u koncept Industrija 4.0, koje radikalno transformišu proizvodne mogućnosti svih industrija, uključujući i poljoprivredu (Bonneau, Copigneaux, 2017). Integracija novih tehnologija sa savremenom poljoprivredom rezultira boljom proizvodnjom i lakšim upravljanjem lancem snabdevanja.

Osnovne digitalne tehnologije u poljoprivredi su tzv. senzorske tehnologije, kao što su senzori temperature, vlažnosti i skeneri zemljišta, meteorološke stanice na parcelama, mapiranje prinosa, satelitski, snimci iz bespilotnih letelica (Radić, Radić, 2021) ili aviona i internet stvari (IoT – internet of Things). Tu spadaju precizna poljoprivreda i robotika, koje omogućavaju optimalnu setvu, đubrenje i zaštitu useva, precizno navodnjavanje, preciznu kontrolu korova i automatizovanu žetvu i, na kraju, prediktivnu i preskriptivnu analitiku, koja omogućava da se na osnovu podataka sa senzora i uz pomoć drugih tehnologija (big data, cloud computing, blockchain i veštačka inteligencija) donose ispravne odluke.

1. MATERIJALI I METODE /  
MATERIALS AND METHODS

Pojava tehnologije zasnovane na internetu stvari (IoT) redizajnirala je skoro svaku industriju, uključujući poljoprivredu. Realnost je da je današnja poljoprivreda, usredsređena na podatke, preciznija i pametnija nego ikad. Ovaj rad naglašava potencijal IoT i bežičnih senzora u poljoprivredi, kao i izazove sa kojima će se suočiti prilikom integracije ove tehnologije u tradicionalne prakse. Prema dostupnoj literaturi, IoT obezbeđuje prikupljanje velikog broja podataka (parametara) na velikim površinama, u svim klimatskim (vremenskim) uslovima, danju, noću, što je omogućeno izuzetnim napretkom u sferi digitalnih tehnologija. Stoga je cilj rada da se ukaže na značaj uvođenja novih tehnologija u sektor poljoprivrede, jer kašnjenje u ovom domenu, koliko god se činilo da su tehnologije skupe i nedostupne, rezultuje većim troškovima, rizicima, manjom efikasnošću i dobijanjem manjih prinosa (Mentus, Jovanović, 2020; Ristić i dr., 2020). U radu su korišćene metode deskripcije, analize i sinteze, komparacije i analogije.

2. REZULTATI I DISKUSIJA /  
RESULTS AND DISCUSSION2.1. Nove tehnologije u poljoprivredi /  
*New technologies in agriculture*

Uloga informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) u poljoprivredi značajno je porasla poslednjih godina. Proširenje širokopojasnog povezivanja, povećana primena IoT, poboljšana analitika, pristupačni uređaji i inovativne aplikacije potpomažu ono što se sada naziva digitalno društvo. Ovaj zamah pruža zainteresovanim stranama u sektoru poljoprivrede mogućnosti da razviju, prilagode i primenjuju ove tehnologije kao rešenja za e-poljoprivredu. Primena rešenja e-poljoprivrede može promeniti način na koji se pristupa ovim izazovima, deluju kao instrument promene u ovom sektoru i pomažu postizanju ciljeva održivog razvoja (SDG – Sustainable Development Goals). Međutim, IKT koje se koriste u sektoru poljoprivrede još uvek su izvan kapaciteta mnogih zemalja u razvoju.

Značaj tehnologije za razvoj društva je nemerljiv, jer tehnologija obuhvata sve aktivnosti koje kao rezultat stvaraju neku vrednost, bez obzira da li je reč o proizvodnji ili uslugama. Tehnologija obuhvata znanje, stručnost i načine korišćenja faktora proizvodnje za kreiranje proizvoda i usluga za kojima postoji ekonomska i društvena tražnja (Radić, 2017). Dakle, svaki napredak u jednoj oblasti tehnologije ima direktnu posledicu njihove primene u drugoj oblasti. S tim u vezi, potreba primene novih tehnologija u poljoprivredi ne dovodi se u pitanje. Potreba za tehnološkim razvojem u poljoprivredi, nove tehnologije i

njihovo usvajanje od strane poljoprivrednika ključni su pokretači održavanja konkurentnosti poljoprivrede u globalnom svetu. Nakon primene digitalnih tehnologija u okviru poljoprivrednog sektora, kao deo koncepta Industrija 4.0, odnedavno mu se pripisuje i

termin "Poljoprivreda 4.0". Ključne tehnologije koje su važne za "Poljoprivredu 4.0", zajedno sa njihovim mogućnostima i efektima, prikazane su u tabeli 1 (Symeonaki i dr., 2020).

Tabela 1. Ključne tehnologije u "Poljoprivredi 4.0"

Table 1. Key technologies in "Agriculture 4.0"

Veštačka inteligencija i mašinsko učenje	Obezbeđuje inteligentne softverske aplikacije i sisteme koji mogu da izvode operacije zasnovane na znanju koje uključuju suptilne procene i nestrukturirane komande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smanjuje troškove predviđanja i donošenja odluka</li> <li>• Obezbeđuje efikasan menadžment rizicima</li> <li>• Poboľjšava tačnost i povećava produktivnoast poljoprivrede</li> </ul>
Big data i analitika	Omogućuje pribavljanje i sveobuhvatnu procenu velikih količina heterogenih podataka iz brojnih izvora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoviše donošenje odluka u realnom vremenu</li> <li>• Povećava efikasnost administracije resursima</li> <li>• Optimizira kvalitet proizvodnje</li> </ul>
Računarstvo u oblaku	Obezbeđuje hardver, softver i računarske resurse za skladištenje koji se isporučuju kao usluga preko mreže ili interneta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negira potrebu za skupim računarskim resursima</li> <li>• Olakšava upravljanje informacijama i njihovo širenje</li> <li>• Podržava donošenje odluka</li> </ul>
Sajber-fizički sistemi	Omogućava povezivanje fizičkog sveta poljoprivrednih operacija sa infrastrukturama računarskih i informaciono-komunikacionih tehnologija integracijom inovativnih aplikacija putem umrežavanja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjaju učinak radne snage</li> <li>• Promovišu bezbednost, fleksibilnost i pouzdanost aktivnosti na terenu</li> <li>• Obezbeđuju kvalitetniji prinos po nižoj ceni</li> </ul>
Internet stvari (IoT)	Prednosti uređaja na terenu sa senzorskom i računarskom podrškom za komunikaciju i interakciju jednih sa drugima putem visokodistribuirane javne mreže zasnovane na standardnim protokolima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decentralizuje analitiku omogućavajući podršku odlučivanju za odgovore u realnom vremenu</li> <li>• Optimizuje upravljanje imovinom</li> <li>• Poboľjšava performanse proizvodnog procesa</li> </ul>
Autonomne mašine	Obavljaju različite zadatke na terenu kao što su setva, rezidba, fenotipizacija, ciljano đubrenje, žetva i sortiranje u automatizovanom ili near-automatizovanom režimu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smanjuje opterećenje poljoprivrednika</li> <li>• Povećava stope proizvodnje</li> <li>• Optimizuje upravljanje resursima</li> <li>• Poboľjšava zdravlje zemljišta i kvalitet prinosa</li> </ul>

## 2.2. Karakteristike IoT / Characteristics of IoT

Skup tehnologija koje omogućavaju interakciju fizičkih objekata sa digitalnim svetom se najčešće naziva internet stvari (IoT). Internet stvari je nova oblast informacionih tehnologija koja se izuzetno brzo razvija, jer IoT tehnologije omogućavaju povezivanje velikog broja korisnika, uređaja, servisa i aplikacija na internet. Uređaji povezani sa drugim uređajima i aplikacijama mogu da razmenjuju podatke direktno i indirektno. IoT uređaji uključuju: senzore, aktuatorne module, mikrokontrolere i mikroracunare. Krajnji korisnici pristupaju ovim podacima putem web-a i mobilnih aplikacija, oblikuju konfiguracije uređaja i upravljaju i održavaju IoT sisteme. Podaci iz fizičkog sveta se prikupljaju direktno sa senzora ili sa postojećih uređaja opremljenih nekim od standardnih komu-

nikacionih kanala. Podaci se prenose računarskim komponentama koje ih, u originalnom ili obrađenom obliku, prosleđuju na softverske platforme IoT. U slučaju ugradnje nezavisnih senzora, potrebno ih je povezati sa računarsko-komunikacionim modulima ("senzorski čvorovi") koji prosleđuju izmerene vrednosti na IoT platformu.

IoT platforme obično imaju module za prijem poruka od senzorskih čvorova, module za obradu tokova podataka u realnom vremenu i module za skladištenje podataka. Za razliku od sistema upravljanja prethodne generacije, svi dostupni podaci sada se čuvaju na jednoj digitalnoj platformi i mogu se unakrsno analizirati sa podacima prikupljenim iz drugih izvora. Cilj je da se, pored uvida u razloge zbog kojih je došlo do nekog događaja, razviju modeli koji

predviđaju ponašanje sistema i predlažu radnje koje treba preduzeti. IoT se može primeniti u personalne (individualne) i poslovne svrhe, u urbanom okruženju, obrazovanju, zdravstvu, logistici, industriji, životnoj sredini, energetskim sistemima, maloprodaji, poljoprivredi i robotici (pametni roboti), itd. Poljoprivreda je jedan od sektora za koji se očekuje da će biti izuzetno pod uticajem napretka u domenu IoT (Tzounis i dr., 2017). Glavne prednosti korišćenja IoT u poljoprivredi su veći prinosi useva i niži troškovi. Studija OnFarm pokazala je da se prinosi na prosečnoj farmi koja koristi IoT povećavaju za 1,75%, troškovi energije padaju za 17 do 32 dolara po hektaru, a upotreba vode za navodnjavanje opada za 8% (Gralla, 2018).

Centralno za funkcionalnost IoT su ugrađeni senzori. Vremenom su se dimenzije senzora znatno smanjile, tako da nema prepreka za ugradnju u bilo koji elektronski sistem. Senzori su obično integrisani sa drugim uređajima, kao što su mikroprocesori. U poslednje dve decenije, mikroprocesorima je povećana računarska snaga, smanjena veličina i cena, što obezbeđuje veću dostupnost i razvoj širokog spektra rešenja za IoT (Trankler, Kanoun, 2001). Pored toga, senzori se kombinuju prema različitim karakteristikama (npr. senzori temperature se kombinuju sa sensorima pritiska i ovi podaci se dobijaju u digitalnom formatu, a kombinovanjem žiroskopa i akcelerometra moguće je merenje smera kretanja i ubrzanja). Takav tehnološki razvoj u različitim oblastima važan je za IoT i pametnu poljoprivredu.

Zahtevi za razvoj naprednih aplikacija e-poslovanja, koje karakterišu pouzdanost, distribucija i skalabilnost, ne mogu se ostvariti primenom tradicionalnih baza podataka. Zbog toga se razvijaju novi pristupi za skladištenje, brzo pretraživanje i analizu velikih količina podataka u realnom vremenu, zasnovani na big data tehnologijama (tehnologijama velikih podataka). Potreba za primenom big data tehnologija se često objašnjava korišćenjem tri "V" modela, prema kojima su glavne karakteristike velikih podataka: obim podataka, raznovrsnost i brzina (Manyika i dr., 2011). Kunisch (2016) je dodao četvrto "V" radi istinitosti i, konačno, peti "V" je dodat za ekstradimenzionalnu valorizaciju.

Veliki podaci i IoT su pojmovi koji se retko razdvajaju. Ipak, uprkos njihovoj povezanosti, ova dva pojma su dve različite tehnologije. Veliki podaci (big data) su tehnologija koja se koristi za prikupljanje, obradu i analizu velikih količina podataka. Podaci su prilično različiti, strukturirani i nestrukturirani, generišu se i pristižu velikom brzinom u različitim intervalima (ponekad i u realnom vremenu), što ih čini složenim za analizu. Međutim, prikupljanje i skladištenje velikih količina podataka nije ono što čini ovu tehnologiju – vrednost tehnologije čini sposobnost obrade i

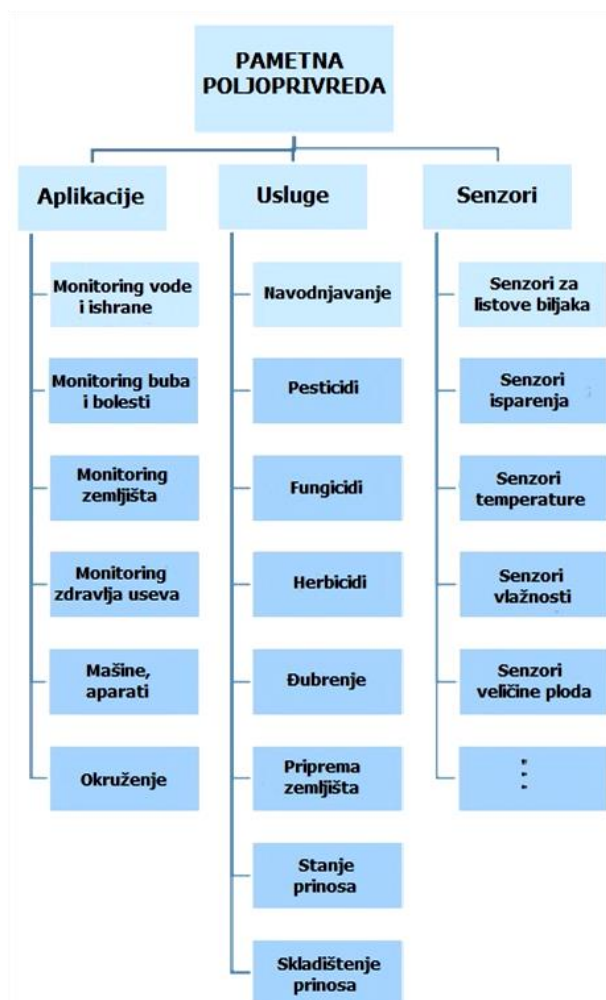
analize prikupljenih podataka za dalju upotrebu. Bez mogućnosti analize i potrebnih alata (složenih kompjuterskih programa) to bi bila samo gomila prikupljenih podataka. Da bi se omogućilo pouzdano i skalabilno skladištenje velikih količina podataka, neophodno je obezbediti skladištenje i upravljanje datotekama u distribuiranom okruženju. Poslednjih godina količina podataka generisanih, uskladištenih i obrađenih eksponencijalno je porasla. U EU su analizu velikih podataka najviše realizovale velike kompanije (33%) i srednja preduzeća (19%), pri čemu su 8% analiza realizovali zaposleni u ovim kompanijama, dok je 5% kompanija angažovalo druge kompanije kao saradnike (Eurostat, 2018).

S obzirom na napredak u bliskoj prošlosti, može se predvideti da će IoT tehnologije imati ključnu ulogu u različitim primenama u sektoru poljoprivrede, koja je danas verovatno jedna od najmanje efikasnih sektora ekonomskog lanca vrednosti. Međutim, u implementaciji tehnologija u pametnoj poljoprivredi postoje i određene prepreke: fragmentirano tržište, pokrivenost i povezanost (konekcija), velike investicije, strah od novih tehnologija, neuvežbano ljudstvo i nerazvijeni standardi. Sada IoT vlada tehničkim svetom sa veoma moćnim karakteristikama koje omogućavaju povezivanje "bilo čega i bilo koje usluge" sa "bilo gde i bilo kada". Fundamentalne karakteristike IoT su:

- *interkonekcija* – obezbeđuje da sve što nas okružuje može biti fizički ili virtuelno povezano preko komunikacionog i informacionog sistema,
- *sveprisutnost* – označava povećanu upotrebu uređaja povezanih sa IoT na globalnom nivou kako bi se omogućio pristup širom sveta i univerzalna komunikacija,
- *heterogenost* – omogućava platformi da komunicira sa širokim spektrom objekata ili uređaja putem različitih mrežnih protokola i mrežno povezivanje između heterogenih mreža,
- *dinamičke promene* – omogućava uređajima koji okružuju sistem da se dinamički menjaju sa bilo kojim entitetom, uključujući lokaciju, osobu, temperaturu, vreme za prikupljanje podataka iz njegovog okruženja,
- *interoperabilnost* – podržava bežičnu komunikaciju između različitih IoT objekata koristeći isti komunikacioni protokol,
- *senzori i aktuatori* – su okosnica za merenje i detekciju bilo kakvih varijacija u okruženju kako bi se generisali podaci za interakciju sa IoT okruženjem,
- *ogromne mogućnosti* – povezuje milione/milijarde objekata svakog dana da međusobno komuniciraju širom sveta.

### 2.3. Primena IoT u poljoprivredi / Application of the IoT in agriculture

Internet stvari znači brzu analizu sa brzim deljenjem ogromnih informacija, on izaziva tehnološku revoluciju sa brojnim i raznovrsnim potencijalima primene. Tehnologija IoT obećava ogromne inteligentne aplikacije za povezivanje mašina-mašina, ljudi-mašina i inteligentne komunikacije širom sveta, putem pametnih tehnologija, kao što su RFID, mobilno računarstvo, bežične senzorske mreže. Implementacijom najnovijih senzorskih i IoT tehnologija u poljoprivredi može se suštinski promeniti svaki aspekt tradicionalne poljoprivrede i podići je na nivoe koji su ranije bili nezamislivi. Na slici 1 prikazana je hijerarhija glavnih aplikacija, usluga i bežičnih senzora koji se koriste za aplikacije u pametnoj poljoprivredi.



Slika 1. Opšta hijerarhija mogućih aplikacija, usluga i senzora za pametnu poljoprivredu

Figure 1. General hierarchy of possible applications, services and sensors for smart agriculture

### Uzorkovanje i mapiranje zemljišta / Land sampling and mapping

Uzorkovanje zemljišta je prvi korak u ispitivanju kako bi se dobile specifične informacije za konkretan teren, koje se dalje koriste za donošenje kritičnih odluka. Glavni cilj analize zemljišta jeste da se utvrdi nutritivni status kako bi se mogle preduzeti odgovarajuće mere kada se utvrdi nedostatak hranljivih materija. Faktori koji su kritični za analizu nivoa hranljivih materija u zemljištu uključuju tip zemljišta, istoriju useva, primenu đubriva, nivo navodnjavanja, topografiju, itd. Ovi faktori daju uvid u hemijski, fizički i biološki status zemljišta kako bi se identifikovali ograničavajući faktori po useve.

Mapiranje zemljišta obezbeđuje setvu različitih sorti useva na određenom polju kako bi se bolje uskladila svojstva zemljišta, podesnost semena, vreme za setvu, čak i dubina sadnje. Štaviše, gajenje više useva zajedno može dovesti do pametnijeg korišćenja poljoprivrednih resursa.

Proizvođači opreme/sistema obezbeđuju širok spektar alata i senzora koji pomažu poljoprivrednicima da prate kvalitet zemljišta i preporučuju mere kako bi se izbegla njegova degradacija. Ovi sistemi omogućavaju praćenje svojstava zemljišta, kao što su tekstura, kapacitet zadržavanja vode i stopa apsorpcije, što pomaže da se minimizira erozija, zasljanjivanje, zakiseljavanje i zagađenje (izbegavanje prekomerne upotrebe đubriva). Koristeći dostupne alate, svaki poljoprivrednik, bez neophodnog laboratorijskog iskustva, može analizirati do 100 uzoraka dnevno (ukupno, više od 22.000 uzoraka hranljivih materija godišnje).

### Navodnjavanje / Irrigation

Oko 97% vode na Zemlji je slana voda u okeanima i morima, a samo preostalih 3% je slatka voda – više od dve trećine je zamrznuto u glečerima i polarnim ledenim kapama (Williams, 2014). Samo 0,5% nezamrznute slatke vode nalazi se iznad zemlje ili u vazduhu, dok ostatak leži pod zemljom. Ukratko, čovečanstvo se oslanja na ovih 0,5% da ispuni sve svoje zahteve i da održi ekosistem, a samo poljoprivredna industrija koristi oko 70% pristupačne slatke vode (Hoogeveen, 2018). S obzirom na obim vodne krize širom sveta i sve većih potreba za vodom u poljoprivredi i drugim industrijama, treba je obezbediti tamo gde je potrebna i, što je najvažnije, u potrebnim količinama.

Očekuje se da će se trenutne metode navodnjavanja promeniti usvajanjem novih IoT tehnologija i značajno povećati efikasnost useva. Bežični sistem monitoringa, zasnovan na povezanim sensorima na terenu, prikuplja podatke i dalje ih prenosi u centar za obradu gde se za njihovu analizu koriste odgovara-

juće inteligentne softverske aplikacije. Ne samo ovo, već i informacije iz drugih izvora, uključujući podatke o vremenu i satelitsko snimanje, se primenjuju za procenu potreba za vodom za svaku lokaciju.

#### *Đubrenje / Fertilization*

Đubrivo je prirodna ili hemijska supstanca koja može obezbediti važne hranljive materije za rast i plodnost biljaka. Biljkama su uglavnom potrebna tri ključna makronutrijenta: azot (N) za rast listova, fosfor (P) za razvoj korena, cvetova i plodova, te kalijum (K) za rast stabljike i cirkulaciju vode. Nedostatak hranljivih materija ili njihova nepravilna primena može biti štetna po zdravlje biljaka. Štaviše, prekomerna upotreba đubriva dovodi do finansijskih gubitaka i štetnih uticaja na zemljište i životnu sredinu, tako što smanjuje kvalitet zemljišta, zagađuje podzemne vode i doprinosi globalnim klimatskim promenama. Sve u svemu, usevi apsorbiraju manje od polovine azota koji se primenjuje kao đubrivo, a ostatak se ili emituje u atmosferu ili se izgubi kroz oticanje. Neizbalansirana upotreba đubriva dovodi do neravnoteže u nivou hranljivih materija u zemljištu i globalnoj klimi, jer se oko 80% krčenja šuma u svetu dogodilo samo zbog uobičajenih poljoprivrednih praksi (FAO, 2016).

U "pametnoj poljoprivredi" se precizno procenjuje potrebna doza hranljivih materija i minimizira njihov negativni uticaj na životnu sredinu. Đubrenje zahteva specifična merenja nivoa hranljivih materija u zemljištu na osnovu različitih faktora, kao što su vrsta useva, vrsta zemljišta, sposobnost apsorpcije zemljišta, prinos proizvoda, vremenski uslovi, itd. Osim što je skupo, merenje nivoa hranljivih materija u zemljištu zahteva utrošak vremena jer su obično potrebna istraživanja uzoraka tla na svakoj lokaciji.

Pristupi zasnovani na IoT pomažu da se procene prostorni obrasci potreba za hranljivim materijama sa većom preciznošću i minimalnim zahtevima za rad (IoF, 2017). Na primer, indeks normalizovane razlike u vegetaciji (NDVI) koristi slike sa bespilotnih letelica ili satelita za praćenje statusa hranljivih materija useva. U osnovi, NDVI se zasniva na refleksiji vidljive i IC svetlosti od vegetacije i koristi se za procenu zdravlja useva i gustine vegetacije, dodatno doprinoseći proceni nivoa hranljivih materija u zemljištu. Precizna primena može značajno poboljšati efikasnost đubriva, istovremeno smanjujući neželjene efekte po životnu sredinu. Najnovije tehnologije, kao što su GPS, geografsko mapiranje i autonomna vozila, znatno doprinose pametnom đubrenju zasnovanom na IoT.

#### *Suzbijanje bolesti useva i štetočina / Control of crop diseases and pests*

Procenjuje se da se zbog štetočina i bolesti godišnje izgubi 20-40% globalnih prinosa (FAO, 2015).

Da bi se kontrolisali ovi ogromni gubici u proizvodnji, tokom 20. veka pesticidi i druge agrohemijske supstance postali važna komponenta poljoprivredne industrije. Procenjuje se da se svake godine samo u SAD upotrebi oko pola miliona tona pesticida, dok se u svetu koristi više od dva miliona tona (Pohanish, 2015). Većina ovih pesticida je štetna po zdravlje ljudi i životinja i ostavlja ozbiljan i nepovratan uticaj na životnu sredinu, uzrokujući kontaminaciju čitavih ekosistema (Carvalho, 2017).

Najnoviji inteligentni uređaji zasnovani na IoT omogućavaju poljoprivrednicima da značajno smanje upotrebu pesticida preciznim uočavanjem neprijatelja useva. U poređenju sa tradicionalnim procedurama kontrole štetočina, zasnovanim na kalendaru ili receptima, savremeno upravljanje kontrolom štetočina zasnovano na IoT omogućava praćenje, modeliranje i predviđanje bolesti u realnom vremenu (Kim i dr., 2018; Venkatesan i dr., 2018). Generalno, pouzdanost praćenja bolesti useva i upravljanja kontrolom štetočina zavisi od tri aspekta: otkrivanja, procene i tretmana.

Napredni pristupi prepoznavanju bolesti i štetočina zasnivaju se na obradi slika površine useva dobijenih preko senzora na terenu, bespilotnih letelica ili satelita za daljinsko detektovanje. Uobičajeno, slike daljinskih senzora pokrivaju velike površine i stoga obezbeđuju veću efikasnost uz niže troškove. S druge strane, senzori na terenu su sposobni da podrže više funkcija u prikupljanju podataka, kao što su uzorkovanje, utvrđivanje zdravlja biljaka i situacije sa štetočinama. Robotske tehnologije, takođe, obezbeđuju nova rešenja. Kada se poljoprivredni roboti opreme multispektralnim senzorskim uređajima i preciznim mlaznicama za prskanje, mogu preciznije locirati probleme sa štetočinama i rešavati ih udaljenim IoT sistemom za upravljanje bolestima. Ovaj sistem zasnovan na IoT ima mnoge prednosti, jer može smanjiti ukupne troškove, dok istovremeno podržava obnovu prirodne klime. Na primer, poznato je da se prinosi mnogih vrsta useva smanjuju zbog nedostatka oprašivanja (Kjøhl i dr., 2011). U stvari, na oprašivanje utiče uništavanje pčelinjih društava kao posledica nekontrolisane upotrebe pesticida.

#### *Osnovna oprema i tehnologije / Basic equipment and technologies*

Poljoprivreda se tokom poslednjih nekoliko decenija transformisala od malih/srednjih poljoprivrednih operacija u visokoindustrijalizovanu i komercijalnu poljoprivredu. Ova tranzicija omogućila je vodećim korporacijama da tretiraju poljoprivredu kao ostale industrije, gde su merenja, podaci i kontrola veoma važni za obezbeđenje ravnoteže između ulaznih troškova i proizvodnje kako bi se povećao profit.

Shodno tome, svaki aspekt poljoprivrede koji se može automatizovati, digitalno planirati i upravljati imaće koristi od IoT tehnologija i rešenja. Na osnovu ove činjenice, ulažu se napor da se ponude sofisticiraniji alati (kao što su poljoprivredni roboti) za obavljanje niza aktivnosti (npr. sađenje, zalivanje, plevljenje, branje, proređivanje, đubrenje, prskanje, pakovanje i transport). Imajući ovo u vidu, predviđa se da će globalno tržište pametne poljoprivrede rasti po stopi rasta od 19,3% godišnje i dostići vrednost od 23,14 milijardi dolara u 2022. godini (Research and Markets, 2018).

Većinu zadataka u savremenoj poljoprivredi velikog obima obavlja teška i urbana oprema, kao što su traktori, kombajni i roboti koji su u potpunosti ili delimično podržani daljinskom detekcijom i drugim komunikacionim tehnologijama. U preciznoj poljoprivredi, kada se obavljaju poslovi poput setve, đubrenja, navodnjavanja ili žetve, operativna vozila su opremljena GPS i GIS uređajima tako da mogu da rade precizno, specifično za lokaciju i autonomno. U stvari, ideja o upravljanju usevima specifičnim za lokaciju nije moguća bez uključivanja najnovijih tehnologija. Uspeh precizne poljoprivrede se zasniva na tačnosti prikupljenih podataka, što se obično radi na dva načina (Hassan, 2018):

- prvi podrazumeva upotrebu multifunkcionalnih imaginarnih uređaja opremljenih platformama za daljinsko detektovanje, kao što su sateliti, poljoprivredni avioni, baloni i bespilotne letelice,
- drugi podrazumeva različite vrste senzora – prikupljeni podaci se identifikuju preciznim informacijama o lokaciji pomoću GPS uređaja, tako da se naknadno može obezbediti tretman karakterističan za tu lokaciju.

Senzori su tehničke komponente za kvalitativno ili kvantitativno merenje određenih hemijskih ili fizičkih varijabli i svojstava (npr. temperatura, vlažnost, intenzitet i boja svetlosti, ubrzanje), a izmerene vrednosti se pretvaraju u električne signale. Kada se senzor koristi zajedno sa procesorom (kontrolerom), napajanjem i jedinicom za prenos podataka, to se naziva senzorski čvor. Primarna funkcija senzorskog čvora je prikupljanje, prethodna obrada i prenos podataka senzora iz svog okruženja do drugih senzorskih čvorova ili bazne stanice. Primeri određenih kategorija senzora uključuju sledeće (Baras, Brito, 2017): lokacija (GPS, GLONASS, Galileo), biometrija (otisak prsta, dužica oka, lice), akustika (mikrofon), okruženje (temperatura, vlažnost, pritisak), kretanje (akcelerometar, žiroskop).

Većina IoT aplikacija zahteva manje i pametnije senzore sa naprednom funkcionalnošću za prikupljanje više podataka, procesore male potrošnje, duži vek trajanja baterije, brže vreme odziva i kraći period

do izlaska na tržište. Senzori treba da budu dinamični u svom prirodnom okruženju sa ugrađenom sposobnošću prikupljanja podataka u realnom vremenu. Uopšteno govoreći, senzori mogu biti autonomni, kada rade sami nakon što su instalirani ili kontrolisani od strane korisnika i gde korisnik unapred programira uslove sakupljanja u zavisnosti od njegovih potreba. Konačno, senzori treba da imaju mogućnost da pošalju prikupljene podatke (ili njihov podskup) u odgovarajući sistem. Očekuje se da IoT senzori imaju sledeće karakteristike: "filtriranje" podataka, minimalna potrošnja energije, kompaktnost, pametna detekcija, velika osetljivost, linearnost, dinamički opseg, tačnost, ograničena buka, širok propusni opseg, visoka rezolucija, minimalni prekid, velika pouzdanost, jednostavnost upotrebe. Ostale karakteristike uključuju skladištenje podataka i upozorenje na anomalije simptome.

Senzorski čvorovi mogu formirati bežične senzorske mreže (WSN – Wireless Sensor Networks) pomoću jedinice za prenos. Za rad senzorskih mreža neophodan je poseban softver koji obezbeđuje dinamičnu i robusnu samoorganizaciju senzorske mreže koja funkcioniše na bezbedan i skalabilan način. WSN se može sastojati od nekoliko stotina ili stotina hiljada senzorskih čvorova, a povezuju se na posredničku mrežu koja prosleđuje proliferaciju podataka mnogih aplikacija. Mali, robusni, jeftini WSN senzori male snage će dovesti IoT čak i do najmanjih objekata instaliranih u bilo kojoj vrsti životne sredine, uz razumne troškove (IEC, 2014).

Aktuatori pretvaraju električne signale (npr. komande koje emituju iz kontrolnog računara) u mehaničko kretanje ili druge fizičke varijable (npr. pritisak ili temperaturu), i na taj način aktivno intervenišu sa kontrolnim sistemom i/ili podešenim varijablama. U oblasti mernog i upravljačkog inženjerstva, aktuatori su analogni senzorima u vezi sa signalom. Tipovi aktuatora uključuju hidraulične, pneumatske, električne, mehaničke i piezoelektrične. Oni pretvaraju signale ili specifikacije podešavanja i regulacije kontrole u (uglavnom) mehanički rad. U robotici, termin efektor se često koristi kao ekvivalent za aktuator. Efektori omogućavaju robotu da hvata i manipulise objektima i tako proizvode efekat. Aktuatori su ključni gradivni blok u novim percepcijama o četvrtoj industrijskoj revoluciji u proizvodnji.

#### *Bezbednost primene IoT / Safety of IoT application*

Porast povezanog sveta (connected world) donosi izazove oko obezbeđenja da se snimljene informacije bezbedno koriste i čuvaju; a prava privatnosti poštuju. Zaštita podataka i privatnosti igraju ključnu ulogu u IoT pejzažu, koji je u bliskoj vezi sa sajberfizičkim sistemima (Cyber Physical Systems). IoT

platforma pomaže u preplitanju različitih tehnoloških platformi i operativnih okruženja, obezbeđuje fleksibilnost i proširenu upotrebu generisanih informacija u svim poslovnim vertikalama industrije za obavljanje refinjane analize podataka (podrška boljem donošenju odluka i predviđanju budućih događaja).

Važan preduslov za povezivanje informacija sa stvarnim entitetima u okruženju je nedvosmislena identifikacija stvari i ljudi. Krovni izraz "Tehnologije automatske identifikacije i mobilnosti" opisuje raznolikost porodice tehnologija koje dele zajedničku svrhu identifikacije, praćenja, snimanja, čuvanja i komuniciranja osnovnih poslovnih, ličnih podataka i podataka o proizvodima. Postoji nekoliko tehnologija za identifikaciju, na primer, biometrija, bar kodovi i RFID (radio-frequency identification). Pored identifikacije, pozicija objekta ili čoveka je suštinska kontekstualna informacija. Za određivanje položaja mogu se koristiti tehnike lokalizacije, koje ili lokalizuju objekat spolja ili pomoću kojih objekat sam određuje svoju poziciju.

Bezbednost IoT postala je velika briga, jer bez snažne bezbednosne arhitekture ogromna količina podataka koji se prikupljaju, transferišu i čuvaju izložena je ranjivostima koje mogu da iskoriste hakeri. Da bi se smanjile sajber pretnje i hakovanje, mora da se održava poverljivost podataka, integritet i dostupnost širom IT infrastrukture. Mehanizam ili metode koje treba primeniti za bezbednu komunikaciju, skladištenje i deljenje podataka uključuju korišćenje najnovijih kriptografskih metoda ili bezbednosnih algoritama. Ključne mere koje moraju obezbediti bezbednost širom infrastrukture su (Ernst & Young, 2019):

- autentifikacija svih entiteta pre nego što se pridruže mreži koristeći kriptografiju javnog ključa,
- poverljivost podataka je implementirana korišćenjem standarda/protokola za šifrovanje,
- digitalni potpisi daju primaocu razlog da veruje da je poruku ili datoteku kreirao poznati pošiljalac,
- kontrola pristupa zasnovana na ulogama treba da se implementira u sve usluge,
- svi podaci treba da budu klasifikovani na osnovu nivoa bezbednosti, a kritični podaci treba da se čuvaju u šifrovanim sistemima za skladištenje,
- sav softver i firmware uređaji treba da budu bezbednosno ojačani da bi se izbegli napadi,
- sva centralizovana infrastruktura treba da bude zaštićena od napada distribuiranog uskraćivanja usluge,
- svi računarski sistemi treba da dobiju najnovije bezbednosne zakrpe protiv poznatih ranjivosti,
- treba primeniti naprednu bezbednost kako bi se zaštitila kritična IT infrastruktura u oblaku i cen-

trima podataka, uključujući napredne trajne pretnje, sisteme za zaštitu od upada, alate za analizu ponašanja mreže, antivirusne i anti-malver sisteme, zaštitne zidove sledeće generacije, bezbednosne informacije i upravljanje događajima, sisteme bezbednosti e-pošte, sisteme za sprečavanje gubitka podataka itd.

## ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Današnji poljoprivredno-prehrambeni sektor je u velikoj meri neefikasan u poređenju sa drugim industrijama, sa sve većim brojem zahteva i ograničenja koja mu se postavljaju (rast globalne populacije, klimatske promene, degradacija životne sredine, promene u preferencijama potrošača, ograničeni prirodni resursi, rasipanje hrane, pitanje zdravlja potrošača). Digitalna transformacija se odvija u svim oblastima ljudske aktivnosti, ali njen uticaj na poljoprivredu može biti presudan. Digitalne tehnologije su alat koji može značajno pomoći poljoprivrednicima da povećaju produktivnost, optimizuju proizvodnju, smanje troškove i povećaju prihode, da imaju lakši pristup tržištu, da upravljaju ljudskim resursima, finansijama, da lakše prate poštovanje zakonskih procedura i, konačno, donose odluke koje mogu olakšati upravljanje rizicima i održivo poslovno planiranje.

Postoji mnogo načina na koje IoT danas utiče na poljoprivredu. Na primer, bežični IoT senzori sposobni su da predvide vremenske prilike, mere lokalne uslove na poljima, prate kvalitet zemljišta i vlažnost. Kao rezultat toga, poljoprivrednici ne samo da su u mogućnosti da unapred planiraju svoje aktivnosti na bolji način, već tačno znaju kada i gde treba da preduzmu preventivne mere. Shodno tome, mogu da poboljšaju proizvodne rezultate uz očuvanje resursa i minimiziranje troškova. Preko IoT senzora i ugrađenih uređaja, danas poljoprivrednici mogu daljinski da prate i stanje i ponašanje stoke. IoT senzori imaju mogućnost da obaveste poljoprivrednika da je životinja bolesna, kako bi se odvojila od ostatka stada i primenile mere za sprečavanje širenja bolesti. Softver i IoT uređaji se primenjuju na celoj farmi za praćenje zdravlja useva, upravljanje zalihama i lancem snabdevanja i pružanje novih i inovativnih usluga. Takođe, oni pomažu u svakodnevnim aktivnostima na farmi.

Za pametniji, bolji i efikasniji uzgoj useva potrebne su nove metodologije koje će zadovoljiti povećanu tražnju svetske populacije za hranom u odnosu na poljoprivredno zemljište koje se permanentno smanjuje. Koncept "pametna poljoprivreda" je budućnost poljoprivrede zasnovane na IoT. Trenutno je IoT jedan od glavnih akceleratora tehnoloških inovacija, sa najvećim potencijalom transformacije društva i privrede. Internet stvari donosi ogromne evolutivne promene u informaciono-komunikacionim tehnologijama



integracijom bežičnih komunikacija, senzora i tehnika prikupljanja i obrade podataka. Predviđa se da će milijarde IoT uređaja biti povezane preko interneta i da će moći međusobno komunicirati, generišući ogromnu količinu podataka koji treba da se obrade u oblaku (cloud). U tom smislu, sve zainteresovane strane, u rasponu od tehnologa do programera, kompanija i korisnika, suočavaju se sa nekoliko izazova. Iskustva iz oblasti kao što su distribuirani sistemi, mreže, mobilno i sveprisutno računarstvo, svest o kontekstu i bežičnim senzorskim mrežama mogu se smatrati dobrom polaznom tačkom za traženje odgovarajućih rešenja za pitanja kao što su interoperabilnost, otvorenost, bezbednost, skalabilnost i upravljanje greškama u okviru IoT sistema.

U radu su razmotreni aspekti i istaknuta uloga različitih tehnologija, posebno IoT, kako bi poljoprivreda bila "pametnija" i efikasnija u ispunjenju budućih očekivanja. Na osnovu navedenog, može se zaključiti da je svaki pedalj poljoprivrednog zemljišta od vitalnog značaja za maksimiranje proizvodnje. U skladu sa tim, upotreba senzora zasnovanih na IoT i komunikacionim tehnologijama nije opciona – ona je neophodna!

#### LITERATURA / REFERENCES

- [1] Baras, K., Brito, L. (2017). Introduction to the Internet of Things, in Hassan, Q.F. (ed.), *Internet of Things: Challenges, Advances, and Applications*, CRC Press, Boca Raton.
- [2] Bonneau, V., Copigneaux, B. (2017). *Industry 4.0 in Agriculture: Focus on IoT aspects*. European Commission, Brussels. Dostupno na: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/content/industry-40-agriculture-focus-iot-aspects>.
- [3] Carvalho, F.P. (2017). Pesticides, environment, and food safety, *Food Energy Security* 6(2), 48-60.
- [4] Ernst & Young (2019). *Future of IoT*, Kolkata, India.
- [5] Eurostat (2018). *ICT usage in enterprises in 2018: Cloud computing services used by more than one out of four enterprises in the EU*. Dostupno na: [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/i\\_soc\\_e\\_esms.htm](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/i_soc_e_esms.htm).
- [6] FAO (2015). *Keeping Plant Pests and Diseases at Bay: Experts Focus on Global Measures*. Dostupno na: <http://www.fao.org/news/story/en/item/280489/icode/>
- [7] FAO (2016). *Forests and Agriculture: Land-Use Challenges and Opportunities*. Dostupno na: [www.fao.org/3/a-i5588e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i5588e.pdf)
- [8] FAO (2019). *How to Feed the World in 2050: The prospects for agriculture*. Dostupno na: <https://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/>
- [9] Gralla, P. (2018). *Precision agriculture yields higher profits, lower risks*. Dostupno na: <https://www.hpe.com/us/en/insights/articles/precision-agriculture-yields-higher-profits-lower-risks-1806.html>.
- [10] Hassan, Q. (2018). *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- [11] Hoogeveen, M., Ono, Y., Pfister, S., Boulay, A.M., Berger, M., Nansai, K., Tahara, K., Itsubo, N., Inaba, A. (2018). Consistent characterisation factors at midpoint and endpoint relevant to agricultural water scarcity arising from freshwater consumption, *International Journal of Life Cycle Assessment*. 23(12), 2276-2287.
- [12] IEC (2014). *Internet of Things – Wireless Sensor Networks, White paper*, Geneva.
- [13] IoF (2017). *Why IoT is Reinventing Plant Fertilization*. Dostupno na: <https://www.iof2020.eu/latest/news/2017/09/why-the-internet-of-things-is-reinventing-plant-fertilization>
- [14] Kim, S., Lee, M., Shin, C. (2018). IoT-based strawberry disease prediction system for smart farming, *Sensors* 18(11), pp. 4051.
- [15] Kjølhl, M., Nielsen, A., Stenseth, N. C. (2011). *Potential effects of climate change on crop pollination*, FAO, Roma.
- [16] Kunisch, M. (2016). Big Data in Agriculture – Perspectives for a Service Organisation, *Landtechnik*, 71(1), 1-3.
- [17] Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J. (2011). *Big Data: the next frontier for innovation, competition, and productivity*. Dostupno na: [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/big\\_data\\_the\\_next\\_frontier\\_for\\_innovation](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation).
- [18] Mentus, S., Jovanović, L. (2020). Napredne tehnologije u sprečavanju klimatskih promena, *Ecologica* 27(100), 579-588.
- [19] Pohanish, P. (2015). *Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals*, Elsevier Inc., Amsterdam, 2nd ed.
- [20] Radić, V. (2017). *Upravljanje proizvodnjom i kvalitetom*, Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Beograd.
- [21] Radić, V., Radić, N. (2021). Primena bespilotnih letelica u monitoringu životne sredine, *Ecologica* 28(104), 426-434.
- [22] Research and Markets (2018). *Global Smart Farming Market: Focus on Solution, Application and Agricultural Robots – Analysis and Forecast 2018-2022*, Dablin.

- [23] Ristić, Z., Džafić, G., Jevremović, M., Damnjano-  
vić, A. (2020). Nove tehnologije - izazovi za kom-  
panije i održiv ekonomski razvoj, *Ecologica* 27(99),  
401-406.
- [24] Roser, M., Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E. (2019).  
*How is the Global Population Distributed Across  
the World?* Dostupno na: [https://ourworldindata.  
org/world-population-growth/](https://ourworldindata.org/world-population-growth/)
- [25] Symeonaki, E., Arvanitis, K., Piromalis, D. (2020).  
A Context-Aware Middleware Cloud Approach for  
Integrating Precision Farming Facilities into the IoT  
toward Agriculture 4.0, *Applied Science* 10, p. 813.
- [26] Trankler, H. R., Kanoun, O. (2001). Recent advan-  
ces in sensor technology, Proceedings of the 18th  
IEEE Instrumentation and Measurement Techno-  
logy Conference (IMTC), Budapest, pp. 309-316.
- [27] Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T. (2017).  
Internet of Things in Agriculture, Recent Advances  
and Future Challenges, *Biosystems Engineering*,  
164, 31-48.
- [28] UN (2009). *Food Production Must Double by 2050*.  
Dostupno na: [https://www.un.org/press/en/2009/  
gaef3242.doc.htm](https://www.un.org/press/en/2009/gaef3242.doc.htm)
- [29] UN (2018). *68% of the World Population Projected  
to Live in Urban Areas by 2050*. Dostupno na:  
[https://www.un.org/development/desa/en/news/po  
pulation/2018-revision-of-world/urbanization-  
prospects.html](https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html)
- [30] Venkatesan, R., Kathrine, G., Jasper, W., Rama-  
lakshmi, K. (2018). Internet of Things based pest  
management using natural pesticides for small  
scale organic gardens, *Journal of Computational  
and Theoretical Nanoscience* 15(9-10), 2742-2747.
- [31] Williams, M. (2014). *What Percent of Earth is  
Water?* Dostupno na: [https://phys.org/news/2014-  
12-percent-earth.html](https://phys.org/news/2014-12-percent-earth.html)
- [32] WPP (2019). *Ten Key Findings*, New York.  
Dostupno na: <https://population.un.org/wpp>.