

PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA U MODERNOJ POLJOPRIVREDI I ODRŽIVOM RAZVOJU/ APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN MODERN AGRICULTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Mate Budimir¹, mag. ing. agr, Ljubomir Madunić², mag.oec., Dr. sc. Zrinka Tolušić Sić³

¹Lovački savez županije splitsko-dalmatinske, Split, Republika Hrvatska

²ACHT DOO, Cista Provo

³Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Republika Hrvatska

e-mail: budimir.split@gmail.com, ljubomir.madunic1@gmail.com,

zrinka.tolusic@gmail.com

Pregledni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20261501208>

UDK / UDC 004:631:502.131.1

Sažetak

Brzi razvoj digitalnih tehnologija značajno je transformirao suvremenu poljoprivrednu proizvodnju i upravljanje. Primjena tehnologija kao što su precizna poljoprivreda, daljinsko istraživanje, geografski informacijski sustavi (GIS), dronovi, senzori i analiza podataka omogućuje poljoprivrednicima optimizaciju korištenja prirodnih resursa, povećanje produktivnosti i smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Digitalni alati omogućuju preciznije praćenje stanja tla, rasta usjeva, vremenskih uvjeta i kontrole štetnika, što doprinosi učinkovitijem donošenju odluka. Osim toga, digitalizacija ima važnu ulogu u poticanju održivih poljoprivrednih praksi jer omogućuje učinkovitije korištenje resursa, smanjenje otpada i unapređenje ukupnog upravljanja poljoprivrednim gospodarstvima. Integracija pametnih tehnologija u poljoprivredne sustave također doprinosi gospodarskom razvoju ruralnih područja kroz povećanje konkurentnosti i poticanje inovacija.

Ovaj rad analizira ulogu i potencijal digitalnih tehnologija u suvremenoj poljoprivredi, s posebnim naglaskom na njihov doprinos održivom razvoju, povećanju produktivnosti i dugoročnoj zaštiti okoliša.

Ključne riječi: Digitalne tehnologije, Precizna poljoprivreda, Održiva poljoprivreda, Pametna poljoprivreda, Geografski informacijski sustavi (GIS), Daljinsko istraživanje

JEL klasifikacija: Q16

Abstract

The rapid development of digital technologies has significantly transformed modern agricultural production and management. The application of technologies such as precision agriculture, remote sensing, geographic information systems (GIS), drones, sensors, and data analytics enables farmers to optimize the use of natural resources, increase productivity, and reduce negative environmental impacts. Digital tools allow more precise monitoring of soil conditions, crop growth, weather conditions, and pest control, which contributes to more efficient decision-making. In addition, digitalization plays an important role in promoting sustainable agricultural practices, as it enables more efficient use of resources, waste reduction, and improved overall farm management. The integration of smart technologies into agricultural systems also contributes to the economic development of rural areas by increasing competitiveness and encouraging innovation. This paper analyzes the role and potential of digital technologies in modern agriculture, with particular emphasis on their contribution to sustainable development, increased productivity, and long-term environmental protection.

Keywords: Digital technologies, Precision agriculture, Sustainable agriculture, Smart farming, GIS, Remote sensing

JEL classification: Q16

UVOD

Poljoprivreda se danas nalazi pred brojnim izazovima koji zahtijevaju temeljite promjene u načinu proizvodnje hrane. Klimatske promjene, degradacija tla, ograničeni vodni resursi, rast svjetske populacije i povećani zahtjevi tržišta nameću potrebu za modernizacijom poljoprivrednog sektora. Tradicionalni načini proizvodnje više nisu dovoljni za osiguravanje dugoročne prehrambene sigurnosti i konkurentnosti proizvođača. Digitalizacija predstavlja jednu od najznačajnijih transformacija suvremene poljoprivrede. Primjenom senzora, satelitskih sustava, bespilotnih letjelica, automatiziranih sustava navodnjavanja, umjetne inteligencije i analitike velikih skupova podataka moguće je unaprijediti produktivnost, smanjiti troškove proizvodnje i racionalnije koristiti prirodne resurse. Istodobno, digitalne tehnologije omogućuju ostvarivanje ciljeva održivog razvoja kroz smanjenje negativnog utjecaja na okoliš i povećanje otpornosti poljoprivrednih sustava na klimatske promjene. Cilj ovoga rada jest prikazati mogućnosti primjene digitalnih tehnologija u modernoj poljoprivredi, analizirati njihov doprinos održivom razvoju te ukazati na iskustva Bosne i Hercegovine i Republike Hrvatske u procesu digitalne transformacije agrarnog sektora.

1. DIGITALNA TRANSFORMACIJA POLJOPRIVREDE

Razvoj poljoprivrede može se promatrati kroz nekoliko faza koje su pratile tehnološki napredak društva. Od ručnog rada i korištenja životinjske snage, preko mehanizacije i automatizacije, poljoprivreda je danas ušla u eru Poljoprivrede 4.0, koju karakterizira intenzivna primjena informacijsko-komunikacijskih tehnologija.⁵⁸

Digitalna poljoprivreda podrazumijeva razvoj automatiziranih i integriranih sustava koji se temelje na prikupljanju, obradi i analizi podataka radi donošenja kvalitetnijih odluka u proizvodnji.⁵⁹ Suština ovoga koncepta nije samo u korištenju suvremene opreme, već u pretvaranju podataka u korisne informacije koje omogućuju pravodobne intervencije i učinkovitije upravljanje proizvodnim procesima.

Takav pristup pridonosi povećanju produktivnosti, boljoj kontroli troškova i smanjenju rizika povezanih s klimatskim promjenama. Digitalna transformacija tako postaje jedan od ključnih preduvjeta održive i konkurentne poljoprivrede.

2. PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA U MODERNOJ POLJOPRIVREDI

Internet stvari (IoT) predstavlja jednu od najvažnijih sastavnica digitalne poljoprivrede. Riječ je o sustavima koji povezuju različite uređaje i senzore radi kontinuiranog prikupljanja podataka o temperaturi zraka, relativnoj vlažnosti, vlažnosti tla, količini oborina, pH vrijednosti tla i drugim parametrima značajnima za proizvodnju.⁶⁰ Posebno mjesto zauzimaju sustavi preciznog navodnjavanja. Senzori instalirani u tlu omogućuju određivanje stvarnih potreba biljaka za vodom, čime se izbjegava nepotrebno trošenje ovoga resursa. Automatizirani sustavi samostalno aktiviraju ili zaustavljaju navodnjavanje u skladu s unaprijed definiranim parametrima.

Značajnu ulogu imaju i sustavi fertirigacije koji omogućuju istodobnu primjenu vode i hraniva. Time se postiže ravnomjernija ishrana biljaka, smanjuju gubici hraniva i povećava učinkovitost proizvodnje.

⁵⁸ Hamdija Čivić i dr., *Vodič za primjenu pametnih uređaja u poljoprivredi* (Sarajevo: OR Print Studio Student Line, 2024.), 27–31.

⁵⁹ Isto, 31.

⁶⁰ Isto, 10–13.

Bespilotne letjelice ili dronovi koriste se za snimanje usjeva, procjenu zdravstvenog stanja biljaka, identifikaciju bolesti i štetnika te procjenu prinosa. Satelitski sustavi omogućuju praćenje vegetacijskih indeksa i izradu detaljnih karata proizvodnih površina.

Umjetna inteligencija i strojno učenje dodatno unapređuju procese odlučivanja analizom velikih količina podataka i predviđanjem budućih pojava, poput širenja biljnih bolesti ili utjecaja vremenskih prilika na prinose.

3. ISKUSTVA BOSNE I HERCEGOVINE

Bosna i Hercegovina još se uvijek nalazi u početnim fazama digitalizacije poljoprivrede. Poljoprivredni sektor suočava se s izazovima poput nedovoljne tehničke opremljenosti, ograničenih financijskih sredstava i nedostatka edukacije proizvođača.

Ipak, posljednjih godina realizirano je nekoliko značajnih projekata koji pokazuju potencijal digitalnih rješenja. Jedan od njih je projekt „Pametni sustavi u poljoprivredi – odgovor izazovima 21. stoljeća“, realiziran na oglednom poligonu Butmir Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Sveučilišta u Sarajevu.⁶¹

U okviru projekta instalirani su senzori za mjerenje vlažnosti tla, temperature i relativne vlažnosti zraka, pH i EC vrijednosti tla, agro-meteorološke postaje te automatizirani sustavi navodnjavanja i fertirigacije povezani s centralnim računalnim jedinicama. Dobiveni podaci omogućuju preciznije upravljanje proizvodnjom i racionalnije korištenje resursa.

Posebna vrijednost ovakvih projekata ogleda se u edukaciji proizvođača i demonstraciji praktične primjene digitalnih tehnologija u domaćim uvjetima.

4. HRVATSKA ISKUSTVA U DIGITALIZACIJI POLJOPRIVREDE

Republika Hrvatska posljednjih godina intenzivno razvija koncept digitalne poljoprivrede kroz obrazovne programe, istraživačke projekte i institucionalnu potporu proizvođačima. Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku među prvima je u regiji pokrenuo diplomski studij „Digitalna poljoprivreda“ s ciljem obrazovanja stručnjaka osposobljenih za primjenu novih tehnologija u agraru.⁶² Prema podacima Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu (HAPIH), zelena i digitalna tranzicija poljoprivrede više nije pitanje izbora, nego nužnost uvjetovana klimatskim promjenama i tržišnim izazovima.⁶³ Na Drugom simpoziju o digitalnim tehnologijama u poljoprivredi, održanom u Osijeku 2024. godine, naglašena je važnost edukacije proizvođača, prikupljanja podataka i razvoja sustava potpore odlučivanju.

Iako Hrvatska zaostaje za tehnološki najrazvijenijim državama Europske unije, procjene pokazuju da digitalni alati mogu značajno povećati konkurentnost proizvođača. Analize upućuju na to da manje od deset posto hrvatskih proizvođača koristi digitalne sustave upravljanja proizvodnjom, što istodobno predstavlja izazov i razvojnu priliku.⁶⁴

Hrvatska iskustva posebno su značajna za Bosnu i Hercegovinu zbog slične strukture poljoprivrednih gospodarstava i zajedničkih izazova povezanih s klimatskim promjenama. Jačanje suradnje između sveučilišta, istraživačkih institucija i proizvođača može ubrzati digitalnu transformaciju cijele regije.

⁶¹ Isto, 35–38.

⁶² Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, „Predupisi na diplomski studij Digitalna poljoprivreda / Pre-registrations for Digital Agriculture Master Study“, objavljeno 28. lipnja 2024., pristupljeno 10. svibnja 2026., <https://www.fazos.unios.hr/predupisi-na-diplomski-studij-digitalna-poljoprivreda-pre-registrations-for-digital-agriculture-master-study>.

⁶³ Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH), „U Osijeku održan 2. simpozij o digitalnim tehnologijama u poljoprivredi“, 2024.

⁶⁴ Miroslav Kuskunović, „Tek nešto više od 10 posto naših poljoprivrednika služi se digitalnim alatima“, *Poslovni dnevnik*, 15. travnja 2024., pristupljeno 10. srpnja 2026., <https://www.poslovni.hr/hrvatska/tek-nesto-vise-od-10-posto-nasih-poljoprivrednika-sluzi-se-digitalnim-alatima-4438438>.

5. DIGITALNE TEHNOLOGIJE I ODRŽIVI RAZVOJ

Suvremena poljoprivreda mora osigurati proizvodnju dostatnih količina hrane, ali istodobno očuvati prirodne resurse za buduće generacije. U tom kontekstu digitalne tehnologije predstavljaju važan alat za ostvarivanje ciljeva održivog razvoja.

Precizno navodnjavanje pridonosi racionalnijoj potrošnji vode i smanjenju gubitaka. Automatizirani sustavi omogućuju primjenu točno određenih količina vode prema potrebama biljaka, čime se povećava učinkovitost korištenja vodnih resursa. U uvjetima sve učestalijih suša i klimatskih ekstrema, takav pristup postaje nužnost, a ne samo tehnološka inovacija.

Slično tome, precizna primjena mineralnih gnojiva smanjuje rizik od onečišćenja tla i podzemnih voda. Pravodobno otkrivanje bolesti i štetnika omogućuje ciljanu primjenu sredstava za zaštitu bilja, čime se smanjuje ukupna količina kemijskih pripravaka u proizvodnji. Posljedično se smanjuje opterećenje okoliša te povećava sigurnost hrane za krajnje potrošače.

Europski zeleni plan i strategija „Od polja do stola“ naglašavaju potrebu smanjenja uporabe pesticida i mineralnih gnojiva, povećanja udjela ekološke proizvodnje te postizanja klimatske neutralnosti. Digitalne tehnologije prepoznate su kao jedan od ključnih instrumenata za ostvarivanje tih ciljeva.⁶⁵ Njihova primjena omogućuje povećanje konkurentnosti poljoprivrednog sektora uz istodobno smanjenje ekološkog otiska proizvodnje.

Prema hrvatskim autorima, održiva poljoprivreda podrazumijeva proizvodnju hrane uz očuvanje plodnosti tla, racionalno korištenje prirodnih resursa i smanjenje negativnih utjecaja na okoliš.⁶⁶ Digitalne tehnologije upravo omogućuju provedbu tih načela u svakodnevnoj poljoprivrednoj praksi, povezujući gospodarsku učinkovitost s društvenom i okolišnom odgovornošću.

Osim okolišnih koristi, digitalizacija može pridonijeti revitalizaciji ruralnih područja. Primjena novih tehnologija povećava atraktivnost poljoprivrede među mladim ljudima, otvara prostor za razvoj novih zanimanja i potiče inovativno poduzetništvo u ruralnim sredinama.

6. IZAZOVI I PERSPEKTIVE RAZVOJA

Unatoč brojnim prednostima, digitalna transformacija poljoprivrede suočava se s određenim ograničenjima. Visoki troškovi početnih ulaganja, nedovoljna digitalna pismenost proizvođača, ograničena dostupnost internetske infrastrukture u ruralnim područjima te nepovjerenje prema novim tehnologijama predstavljaju prepreke njihovoj široj primjeni.

Mala i srednja poljoprivredna gospodarstva često nemaju dovoljno financijskih kapaciteta za nabavu suvremene opreme, zbog čega je nužna snažnija institucionalna potpora kroz nacionalne i europske programe financiranja. Jednako je važno osigurati kontinuiranu edukaciju proizvođača i jačanje savjetodavnih službi koje će im pomoći u primjeni novih rješenja.

S druge strane, razvoj digitalne poljoprivrede otvara brojne mogućnosti. Dostupnost sredstava Europske unije, razvoj specijaliziranih studijskih programa te rastuća svijest o važnosti održive proizvodnje predstavljaju značajne razvojne potencijale.

Budućnost poljoprivrede sve će više biti obilježena primjenom umjetne inteligencije, robotike, autonomnih poljoprivrednih strojeva, blockchain tehnologije i digitalnih blizanaca proizvodnih sustava. Njihova integracija omogućit će stvaranje pametnih, održivih i otpornih prehrambenih sustava koji će moći odgovoriti na izazove 21. stoljeća.

⁶⁵ Europska komisija, „Digitalizacija“, *Poljoprivreda i ruralni razvoj*, https://agriculture.ec.europa.eu/overview-vision-agriculture-food/digitalisation_hr (pristupljeno 10. Svibnja 2026.).

⁶⁶ Vlado Kovačević i Mirta Rastija, *Osnove održive poljoprivrede* (Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2014.), 15–18.

ZAKLJUČAK

Digitalizacija predstavlja jedan od najvažnijih pravaca razvoja suvremene poljoprivrede. Primjena senzora, dronova, satelitskih sustava, automatiziranih sustava navodnjavanja i umjetne inteligencije omogućuje povećanje produktivnosti, racionalnije korištenje resursa i učinkovitije upravljanje proizvodnjom.

Iskustva Bosne i Hercegovine pokazuju da je primjena digitalnih rješenja moguća i u domaćim uvjetima, osobito kroz projekte koji povezuju znanstvene institucije i proizvođače. Istodobno, Republika Hrvatska pruža primjere sustavnijeg pristupa digitalizaciji kroz obrazovanje, istraživanje i institucionalnu potporu poljoprivrednicima.

Digitalne tehnologije ne predstavljaju samo tehnološku inovaciju, nego i važan instrument ostvarivanja ciljeva održivog razvoja. Njihova odgovorna primjena može pridonijeti stvaranju konkurentne, ekološki prihvatljive i društveno odgovorne poljoprivrede sposobne odgovoriti na izazove suvremenog doba.

Ulaganje u digitalnu transformaciju poljoprivrede stoga nije trošak, već dugoročna investicija u sigurnost hrane, očuvanje prirodnih resursa i održivi razvoj ruralnih zajednica.



LITERATURA

1. Čivić, Hamdija, Mirha Đikić, Nermin Rakita, Teofil Gavrić, Sabrija Čadro, Jasmin Grahić, Alen Mujčinović i dr. *Vodič za primjenu pametnih uređaja u poljoprivredi*. Sarajevo: OR Print Studio Student Line, 2024.
2. Europska komisija. „Digitalizacija.“ *Poljoprivreda i ruralni razvoj*. Glavna uprava za poljoprivredu i ruralni razvoj Europske komisije. Pristupljeno 10. svibnja 2026. Dostupno na: https://agriculture.ec.europa.eu/overview-vision-agriculture-food/digitalisation_hr.
3. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. „Predupisi na diplomski studij Digitalna poljoprivreda / Pre-registrations for Digital Agriculture Master Study.“ Osijek, 28. svibnja 2024. Pristupljeno 10. srpnja 2026. Dostupno na: <https://www.fazos.unios.hr/predupisi-na-diplomski-studij-digitalna-poljoprivreda-pre-registrations-for-digital-agriculture-master-study>.
4. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (HAPIH). „U Osijeku održan 2. simpozij o digitalnim tehnologijama u poljoprivredi.“ Osijek, 2024.
5. Jug, Danijel, Irena Jug, Branko Brozović, Vlado Vukadinović, Bojan Stipešević i Boris Đurđević. „The Role of Conservation Agriculture in Mitigation and Adaptation to Climate Change.“ *Poljoprivreda* 24, br. 1 (2018): 35–44.
6. Kovačević, Vlado, i Mirta Rastija. *Osnove održive poljoprivrede*. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2014.
7. Kuskunović, Miroslav. „Tek nešto više od 10 posto naših poljoprivrednika služi se digitalnim alatima.“ *Poslovni dnevnik*, 15. travnja 2024. Pristupljeno 10. svibnja 2026. Dostupno na: <https://www.poslovni.hr/hrvatska/tek-nesto-vise-od-10-posto-nasih-poljoprivrednika-sluzi-se-digitalnim-alatima-4438438>.
8. Radio Marija Bosne i Hercegovine. „Primjena digitalnih tehnologija u poljoprivredi.“ Pristupljeno 10. svibnja 2026. Dostupno na: <https://radiomarija.ba/index.php/vijesti/nase-obavijesti/10452-primjena-digitalnih-tehnologija-u-poljoprivredi>.
9. Shao, Xiaojun, i sur. „Cost Comparison between Digital Management and Traditional Management of Cotton Fields—Evidence from Cotton Fields in Xinjiang, China.“ *Sustainability* 14, br. 24 (2022): 16681.
10. Tang, Liang, Michael A. Sudduth i Stephen A. Drummond. „The Case for Digital Agriculture.“ *Proceedings of the International Conference on Precision Agriculture*, 2002.