

# Ostvarivanje digitalne transformacije poljoprivrede kroz sustav prijenosa znanja i povezanost s primjenom informacijsko-komunikacijskih tehnologija – izazovi i prilike

**Darko Lugonja<sup>1</sup>, Tihana Sudarić<sup>2</sup>, Ivan Plaščak<sup>2</sup>, Mladen Fruk<sup>1</sup>,  
Nataša Puhelek Puština<sup>1</sup>, Ivana Zbukvić Spahić<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, Ulica grada Vukovara 78, Zagreb, Republika Hrvatska

<sup>2</sup> Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Republika Hrvatska ([tihana.sudaric@fazos.hr](mailto:tihana.sudaric@fazos.hr))

## Sažetak

Primjena inovativnih tehnologija i digitalna transformacija u industrijskim sektorima, uslugama, poljoprivredi i prehrambenoj proizvodnji upućuje na rastuću kompleksnost sustava, povezivanje svih dionika, proizvođača, biotehničkih i društvenih znanosti, sve brojnijih i složenijih tehnologija, ali i nužnost cjelovitog i sustavnog pristupa koji uzima u obzir raznovrsne međusobne utjecaje i mogućnosti u razvoju poljoprivrede. Umrežavanje organizacija i pojedinaca omogućuju kvalitetniju komunikaciju, povezivanje i razvoj novih znanja, prijenos istih te unapređenje tehnologije, proizvodnje i ukupnog društvenog razvoja, a digitalne platforme ključne su za olakšavanje dijeljenja znanja među dionicima. Cilj ovog rada jest analizirati mehanizme prijenosa znanja u agro-prehrambenom sektoru te utvrditi ključne dionike, komunikacijske kanale i prepreke koje utječu na prijenos znanja. Uz to je istraživački interes na doprinosu i međusobnom odnosu primjene digitalnih tehnologija kao dijela procesa prijenosa znanja i ostvarivanja digitalne transformacije poljoprivrede. Nadalje, ovaj rad doprinosi podizanju razine svijesti stručne, znanstvene i šire javnosti o značaju sustavnog pristupa u stvaranju uvjeta za tzv. „pametnu poljoprivredu“, odnosno poljoprivredu koja odgovara suvremenim zahtjevima tehnološkog razvoja i proizvodnje te sustavima prijenosa znanja poput AKIS-a, uz isticanje rastuće važnosti prijenosa i upravljanja znanjem. Primjenom sustavne analize i pregleda literature, temeljem pretraživanja baza podataka Scopus, WoS i Elsevier u području agrobiotehničkih i ekonomskih znanosti, uočen je trend porasta broja znanstvenih radova u području digitalne transformacije poljoprivrede, kao i prijenosa znanja kao sastavnog dijela ukupnog procesa. Smatra se da će ovaj pregledni rad dodatno doprinijeti nastavku i poticanju budućih istraživanja primjene digitalnih tehnologija u poljoprivredno-prehrambenom sektoru.

Ključne riječi: inovativne tehnologije, digitalna transformacija (DT), informacijsko komunikacijske tehnologije (ICT), pametna poljoprivreda, prijenos i upravljanje znanjem, AKIS



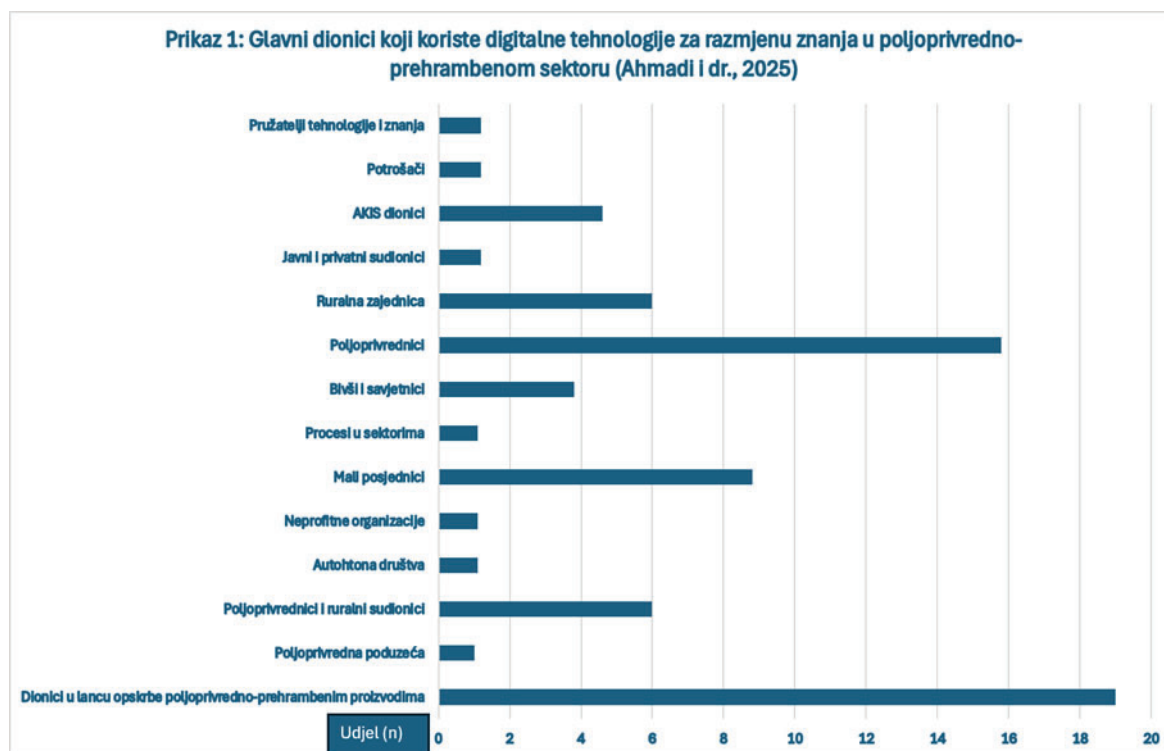
Radovi se objavljuju pod licencom: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)  
/ Articles are published under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.

## Uvod

U proteklih nekoliko godina svjedočimo porastu zanimanja za digitalnu transformaciju poljoprivrede (Choudhary i dr., 2025.). Inovacije osiguravaju unapređenja u proizvodnji, a sve je to povezano i umreženo sa znanjima poljoprivrednika, što otvara brojne mogućnosti razvoja poljoprivrede 5.0 i digitalne transformacije (DT) poljoprivrede, od planiranja, proizvodnje, umrežavanja, istraživanja i razvoja do prodaje i potrošnje, primjenom informacijskih i komunikacijskih tehnologija (ICT) pete generacije (5G) i umjetne inteligencije (AI), autonomnih strojeva (traktora, kombajna, bespilotnih letjelica i robota), a dio navedenih procesa i promjena uključen je i u AKIS (AKIS, 2026.; Tabrizi i dr., 2019.).

AKIS je sustav koji omogućuje poljoprivrednicima i organizacijama koje se bave poljoprivredom pripremu i provedbu prijenosa znanja kako bi se osiguralo lakše savladavanje sve brojnijih i raznovrsnijih znanja, tehnika i tehnologija, u svijetu koji je sve više upućen na ubrzani razvoj znanja i inovacija. Razvoj istih osigurava lakše odgovore na krize i sve turbulentnije okolnosti (AKIS, 2026.). Globalne energetske krize i gospodarske reforme, ratovi, pandemije i klimatske promjene predstavljaju sve raznovrsnije i snažnije izazovne utjecaje na društvo, proizvodnju i pojedince u svakom aspektu, a utjecali su na osvještavanje potrebe za usklađenijim razvojem, povezivanjem i kvalitetnijom komunikacijom, unapređenjima proizvodnje u svim sektorima (Ahmadi i dr., 2025.; Tabrizi i dr., 2019.). Uz razvoj znanja i inovacija, osobiti se značaj pridaje prihvaćanju znanja, suvremenih tehnologija, upravljanju procesima, osobito promjenama i uvođenju inovativnih i digitalnih tehnologija, čime se pružaju veće mogućnosti kvalitetnijeg sudjelovanja svih dionika u procesu, te njihov doprinos DT-u. Različiti dionici u ovim se procesima različito ponašaju i koriste DT za razmjenu znanja, poput dionika u lancima opskrbe, poljoprivrednih gospodarstava, poljoprivredno savjetodavnih eksperata, malih poljoprivrednika, poljoprivrednih i ruralnih zajednica, javnih i privatnih organizacija, AKIS sudionika, potrošača poljoprivrednih proizvoda, dobavljača i slično (Prikaz 1).

Poljoprivreda postaje sve preciznija, primjena autonomnih strojeva osigurava unapređenje proizvodnih procesa, tretiranje usjeva, sijanje i žetvu, a poljoprivredni strojevi postaju roboti vođeni podacima senzora i aplikacije s podacima o zdravlju biljaka, fiziologiji i reakcijama na stres poboljšavajući pri tome produktivnost uz sve manju ovisnost o ručnom radu i ljudskoj pogrešci, a istovremeno uz rastuće troškove proizvodnje (Choudhary i dr., 2025.). Primjena globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS) omogućuje lociranje objekata (biljaka i životinja) na poljoprivrednom zemljištu, praćenje prehrane, zdravlja, kretanja i druga stanja kako bi se brže i lakše realizirao monitoring i donosilo odluke. Korištenje globalnog položajnog sustava (GPS) za lociranje objekata u poljoprivredi već je više od 20 godina u primjeni (GPS use in agriculture, 2026.). GPS i GNSS sustavi omogućuju unapređenja poljoprivrede u nizu tehničkih i tehnoloških aspekata. Povezivanje i umrežavanje poljoprivrednih i drugih tehnoloških složenih sustava omogućuje poslovanje, ali i razvoj i istraživanje, inovacije i primjenu inovativnih rješenja. Nadalje, osim tehnoloških i tehničkih unapređenja i promjena, primjena navedenih tehnologija osigurava i kvalitetnije upravljanje procesima. Dodatno se ističe uloga „pametnih točaka ili čvorova“ pri umrežavanju znanja (SmartAgriHubs, 2026.). Uz to značajni su i pokazatelji digitalne zrelosti 2025. – 2026. koju se sve više ističe kao kritičnu vrijednost u razvoju DT-a, a o tome svjedoči i FAO – Digital Agriculture Outlook. (FAO, 2025.).



**Prikaz 1: Glavni dionici koji koriste digitalne tehnologije za razmjenu znanja u poljoprivredno-prehrambenom sektoru (Ahmadi i dr., 2025.)**

U razvoju i analizi DT-a i njezinog utjecaja na društveni razvoj, kao dodatna odrednica ističe se McKinseyjeva globalna anketa o digitalnim transformacijama. (McKinsey, 2018.). DT je proces promjene tradicionalnih ili pokretanja novih poslovnih inicijativa na kreativan način, korištenjem društvenih, mobilnih i drugih digitalnih tehnologija (Spremić, 2017.). Matt, Hess i Benlian (2015.), ističu kako strategije razvoja poljoprivrede 5.0 i DT poljoprivrede imaju elemente koji se mogu predstaviti kroz četiri dimenzije: 1) primjena tehnologija, 2) promjene u sustavu stvaranja vrijednosti, 3) strukturne promjene i 4) financijski aspekti. Oni analiziraju digitalne transformacijske strategije, poslovne i informacijske sustave, te opisuju DT kao skup paradigmi koji se bavi tehnološkim i ne-tehnološkim aspektom i izmjenama operativne razine (Matt i dr., 2015.).

U pregledu teorijskih okvira DT-a kategorizirane su kao digitalne inicijative u 3 skupine: zamjena (digitalne tehnologije zamjenjuju postojeći proces), proširenje (digitalne tehnologije poboljšavaju funkcionalnost postojećeg procesa) i transformacija (digitalne tehnologije iz temelja redefiniraju ili stvaraju novi proces), a uvodi se i devet elemenata digitalne transformacije (Westerman i dr., 2014.).

Prema projekcijama EU-a:

- Do 2026. oko 70 – 75 % srednjih i velikih gospodarstava u EU-u očekuje implementaciju barem osnovnih digitalnih alata (ERP, upravljanje farmom, senzori).
- Hrvatska bi mogla doseći oko 60 – 65 % digitalnu penetraciju u srednjim i većim gospodarstvima, uz brži rast u pokretanju pilot projekata za male OPG-ove. (European Commission – Digital Agriculture, 2026.)

Digitalna strategija EU-a (Farm to Fork & CAP 2023. – 2027.) predviđa veću integraciju digitalnih tehnologija u poljoprivredna gospodarstva 2025. – 2026. (European Commission – Digital Agriculture, 2026.), posebno kroz:

1. IoT i senzorsku mrežu za praćenje tla, vode i stanja usjeva.
2. AI i Big Data analitiku za predviđanje prinosa, optimizaciju inputa i bolju logistiku.
3. Blockchain za praćenje opskrbnog lanca i sigurnost hrane.

I ovdje postoje izazovi i rizici:

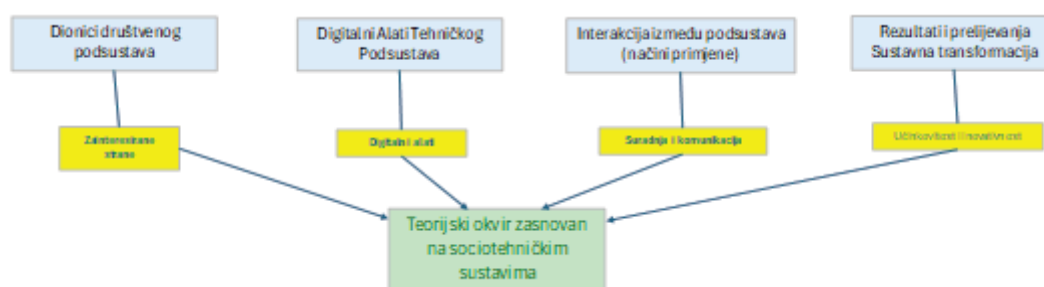
- Cybersecurity i zaštita podataka postat će ključan izazov jer gospodarstva povezuju sve više senzora i platformi.
- Nedostatak digitalnih kompetencija u malim i srednjim gospodarstvima, posebno među starijom populacijom poljoprivrednika.
- Fragmentacija tržišta i interoperabilnost sustava – još uvijek će biti izazov povezati razne softvere i senzore na nacionalnoj razini. (European Commission - Digital Agriculture, 2026.).

Cilj ovog rada jest analizirati i objasniti ulogu sustava prijenosa znanja u procesu digitalne transformacije poljoprivrede, s posebnim naglaskom na AKIS sustav u Republici Hrvatskoj. Specifični ciljevi istraživanja bili su: (1) identificirati ključne dionike uključene u prijenos znanja, (2) analizirati komunikacijske kanale i digitalne alate koji podupiru razmjenu znanja, (3) utvrditi prepreke koje ograničavaju učinkoviti prijenos znanja te (4) razmotriti mogućnosti unapređenja digitalne transformacije kroz jačanje AKIS sustava.

## Materijal i metode

Rad je, uz pregled izvora, radova i istraživanja, temeljen i na istraživanju digitalne zrelosti (DZ) poljoprivrednih gospodarstva (PG) u Republici Hrvatskoj (RH). Provedeno je istraživanje za ocjenu digitalne zrelosti (DZ) poljoprivrednih gospodarstava (PG) u Republici Hrvatskoj (RH), u okviru suradnje Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva RH i Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek (FAZOS). Istraživanje je uključilo poljoprivredna gospodarstva (PG) RH s veličinom poljoprivrednog zemljišta do 100 ha, temeljem analize strukture gospodarstva i poljoprivrednog zemljišta. Prema metodološkim smjernicama za statističku relevantnost, veličina stratificiranog uzorka za anketiranje bit će 383 gospodarstava (EDZ, 2026.). Istraživanje je, nakon utvrđivanja uzorka stratifikacijom, imajući u vidu ciljanu populaciju (veličina ciljane populacije iznosi 150.587 PG), usmjereno na mala i srednja poljoprivredna gospodarstva, koja predstavljaju gotovo 4/5 od ukupnog broja PG u RH, primjereno kategorizaciji malih, mikro i srednjih poduzeća. Anketa je provedena na području Republike Hrvatske, po svim regijama i županijama. Uz administrativnu, tehničku i sadržajnu kontrolu, anketiranje je provedeno putem anketnog upitnika, koji je prilagođen iz CSIRO (2019.) upitnika, a koji se temelji na McKinseyjevu Globalnom istraživanju o digitalnim transformacijama (2018.). U okviru provedbe istraživanja, provodi se ispitivanje koje uključuje 54 pitanja iz 4 stupa – skupine pitanja. Skupina savjetnika na terenu provodi anketu i prikupljanje podataka, uz koordinaciju Uprave za stručnu podršku razvoju poljoprivrede Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva te Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Suradnja s dionicima AKIS sustava započinje i razvija se kroz koordinacijsko tijelo – Upravu za stručnu podršku razvoju poljoprivrede. Savjetnici za poljoprivredu na

terenu pokrivaju različita gospodarstva i imaju uvid u specifičnosti i potrebe svih poljoprivrednih proizvođača. Poljoprivrednici, uz definiranje svojih razvojnih ciljeva i potreba, kao i savjetnici pri analizi rada poljoprivrednih gospodarstava, ostvaruju mogućnosti unapređenja suradnje (EDZ, 2026.). Proveden je i pregled sekundarnih izvora (znanstvena i stručna literatura, izvješća nacionalnih i međunarodnih institucija, službeni dokumenti te statističke baze podataka) i empirijski materijal (EDZ, 2026.). Suradnja Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva s akademskom zajednicom i drugim dionicima u istraživanju i prijenosu znanja, sve je važnija i vodi daljnjim smjernicama u području inovativnih tehnologija, poput 5G, IoT, AI, Agri-tech i Farming 4.0. Rezultati istraživanja EDZ PG u Republici Hrvatskoj te provedba sustava AKIS ukazuju na postupni razvoj svijesti, razumijevanja i prihvaćanja digitalnih tehnologija među poljoprivrednicima. Istraživanje je omogućilo procjenu razine digitalne zrelosti poljoprivrednih gospodarstava te pružilo uvid u trenutno stanje i razvojne trendove digitalne transformacije poljoprivrede u Republici Hrvatskoj (EDZ, 2026.) te je identificiralo glavne dionike koji koriste digitalne tehnologije za razmjenu znanja u poljoprivredno-prehrambenom sektoru (Prikaz 1)

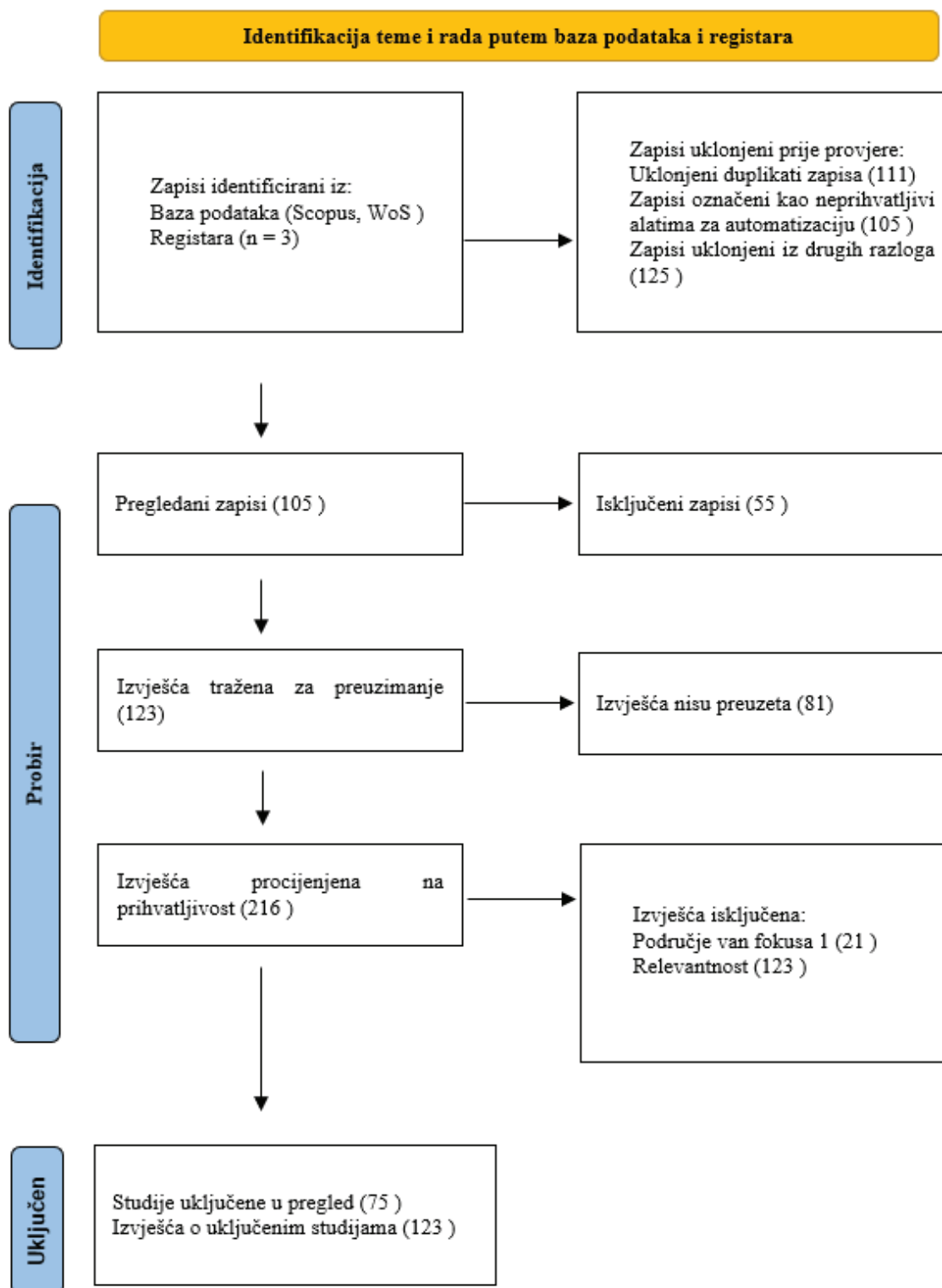


**Prikaz 2: Glavni dionici koji koriste digitalne tehnologije za razmjenu znanja u poljoprivredno-prehrambenom sektoru (Ahmadi i dr., 2025.)**

Pri analizi digitalne zrelosti poljoprivrednih gospodarstava korišteni su javni podaci poput DESI indeksa (DESI 2021., 2022.), Zelenog izvješća Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva i podaci Državnog zavoda za statistiku. Uz to, razmotreni su i pretraženi relevantni izvori, te analize i radovi u akademskim bazama koji se bave DT. Sustavni pregled literature prikazan je kroz PRISMA 2020 dijagram.

## Rezultati i rasprava

Cilj EU-a za digitalne inovacije je omogućiti sve aspekte tehnološkog i inovacijskog rada, usmjeravanjem mjera vezanih uz digitalizaciju. Glavni ciljevi su: digitalno kvalificirano stanovništvo i visokokvalificirani digitalni stručnjaci, sigurna i održiva digitalna infrastruktura, digitalna transformacija tvrtki i digitalizacija javnih usluga. U ostvarivanju tih je ciljeva prijenos znanja vrlo značajna komponenta, a sustavi poput AKIS-a osiguravaju sustavan i cjelovit pristup (European Commission – Digital Agriculture, 2026.). U okviru ovih transformacijskih aktivnosti, provedba AKIS i vezanih sustava, kao i prijenos znanja vezani su uz digitalizaciju, a svi dionici nalaze dodatni poticaj u suradnji i skupnom ostvarivanju navedenih ciljeva. To uključuje razvoj i postupak upravljanja znanjem, ali i tehnika i tehnologija u poljoprivredi, od ICT-a i ProVec-a, upravljanja komunikacijskim tehnologijama do precizne poljoprivrede.



Izvor: Page MJ, et al. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.

Precizna poljoprivreda, kao koncept e-upravljanja poljoprivredom utemeljen na promatranju, mjerenju i reagiranju na upravljanje usjevima specifičnim za lokaciju, podupire održivu poljoprivredu pružanjem prilagođenih, a ne jedinstvenih rješenja za bolje rezultate i smanjenu upotrebu pesticida i vode. Koristi se detaljne podatke o stanju usjeva na terenu i brzu dijagno-

stiku problema (Choudhary i dr., 2025.). Trendovi pametne poljoprivrede i digitalne transformacije potvrđuju trendove rasta i razvoja u inovacijama. UN procjenjuje rast proizvodnje hrane oko 70 % do 2050. godine kako bi prehranili gotovo 10 (9,7) milijardi ljudi koliko se do tada predviđa. „Agritech“ predstavlja koncept pametne poljoprivrede, usmjeren na suočavanje s izazovima nedostataka resursa, vode i radne snage, kontrolu štetočina i bolesti, od strojeva povezanih putem internet stvari (IoT) do dronova za zalijevanje usjeva i hidroponskih skladišta. S obzirom na velike površine pod usjevima, to se lakše postiže uz pomoć geoinformacijskih sustava (GIS) i satelitskih slika, IoT i AI. Poljoprivreda 4.0, umrežena mobilnom vezom, 5G mrežama i IoT, može urediti, unaprijediti i uskladiti nestandardiziranost ljudskog rada, privući novu generaciju poljoprivrednika upućenih u tehnologiju, a neki zadaci, poput ponavljajućih i onih sve složenijih, mogu se delegirati robotskoj tehnologiji, čiji troškovi brzo padaju (Tabrizi i dr., 2019.). Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva Republike Hrvatske kroz Strategiju digitalizacije poljoprivrede 2020. – 2030. definiralo je smjer digitalne transformacije poljoprivrede u zemlji. Strategija predviđa nekoliko ključnih komponenti koje se međusobno nadopunjuju (Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2025.). Tu su digitalni registri i sustav e-Poljoprivrede, kojima upravlja Agencija za plaćanja u poljoprivredi. Ovi registri uključuju sustave poput Arkod, Agronet, Eona, Agro GTF i Upisnik poljoprivrednika, a dodatno se provode i online edukacije poljoprivrednika, kako bi se povećala njihova digitalna kompetencija i učinkovitost u administraciji i praćenju subvencija. Postoji Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2020. – 2030. (Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2025.). Projekt SmartAgriHubs u Republici Hrvatskoj provodi pilot projekte i edukacije koje omogućuju poljoprivrednicima primjenu digitalnih alata, senzora i softverskih rješenja, s ciljem povećanja digitalne zrelosti i konkurentnosti gospodarstava. SmartAgriHubs je inicijativa EU-a s hrvatskim partnerima, koja podržava digitalnu transformaciju poljoprivrede kroz pilot projekte i edukaciju. Radi se o inicijativi EU-a koja podržava digitalnu transformaciju hrvatske poljoprivrede kroz pilot projekte i edukacije.

Primarni cilj usmjeren je na povećanje digitalne zrelosti OPG-ova kroz intenziviranje primjene digitalnih alata i tehnologija koje podupiru učinkovitije upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom. Ključne tehnologije uključuju:

- IoT senzore za praćenje usjeva i okoliša
- *Digital twin* za simulaciju gospodarstva
- 5G i edge computing za bržu obradu podataka
- Robotiku i automatizaciju u ratarstvu i stočarstvu
- Naprednu analitiku, AI i Big Data za optimizaciju prinosa i resursa

Povećanje digitalne zrelosti poljoprivrede uključuje: bolju povezanost s e-uslugama i implementaciju IoT tehnologija i digitalnih platformi za upravljanje farmama. Prisutna je napredna robotika i automatizacija u ratarstvu i stočarstvu (samohodni traktori, robotske krave). Edge computing i 5G omogućit će bržu obradu podataka s terena, čak i u udaljenim ruralnim područjima. Digitalni dvostruki model (digital twin) omogućuje simulaciju gospodarstva i testiranje scenarija u virtualnom okruženju. Republika Hrvatska prati napredak digitalne zrelosti kroz DESI 2023 indeks, koji omogućuje evaluaciju i usporedbu s drugim državama EU-a.

U ovom okviru, naglasak je na interoperabilnosti sustava i usklađivanju nacionalnih digitalnih inicijativa sa standardima EU-a, što omogućuje sustavno poboljšanje digitalne integracije i učinkovitosti poljoprivrednih gospodarstava (DESI 2023.). Predviđeni trendovi digitalne transformacije poljoprivrede u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2025. – 2026. godine usmjereni su na daljnju implementaciju digitalnih tehnologija i povećanje digitalne zrelosti gospodarstava. Očekuje se šira primjena digitalnih platformi za upravljanje farmama, prodaju i distribuciju proizvoda, što će omogućiti veću učinkovitost, bolju organizaciju i pristup tržištima. U srednjim i velikim gospodarstvima, procjenjuje se kako će 60 – 65 % poljoprivrednih gospodarstava koristiti barem osnovne digitalne alate, uključujući ERP sustave, senzore za praćenje usjeva i upravljanje farmama i softverske platforme za analitiku. Male farme postupno će se uključivati u digitalizaciju, uz podršku EU fondova i Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO), što će omogućiti subvencije za nabavu digitalnih alata i edukaciju (Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2025.).

Tehnološki fokus bit će na IoT mrežama i senzorima, koji omogućuju praćenje tla, vode i stanja usjeva u realnom vremenu, dok će 5G i edge computing poboljšati obradu podataka i pristup informacijama čak i u udaljenim ruralnim područjima. Upotreba digital twin modela omogućit će simulaciju gospodarstva, testiranje različitih scenarija i optimizaciju resursa prije implementacije u stvarnom svijetu. Također, predviđa se veća primjena robotike i automatizacije, uključujući samohodne traktore, robotske sustave u stočarstvu i naprednu opremu za ratarstvo. AI i Big Data analitika koristiti će se za predviđanje prinosa, optimizaciju inputa i bolju logistiku, dok će blockchain tehnologija omogućiti transparentnost u praćenju opskrbnog lanca i sigurnosti hrane. Kroz sve ove promjene, digitalna edukacija poljoprivrednika ostaje ključna komponenta, kako bi se povećala digitalna kompetencija i olakšala primjena novih tehnologija u svakodnevnom poslovanju. Istovremeno, praćenje napretka digitalne zrelosti kroz DESI indeks omogućit će usporedbu Republike Hrvatske s drugim državama EU-a, identificiranje slabijih područja i usklađivanje nacionalnih inicijativa s europskim standardima (Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2025.). Glavni izazovi u narednom razdoblju uključuju zaštitu podataka i cybersecurity, prevladavanje nedostatka digitalnih kompetencija, te interoperabilnost različitih sustava i softverskih rješenja unutar poljoprivrednih gospodarstava. Ipak, očekuje se da će do kraja 2026. godine hrvatska poljoprivreda značajno unaprijediti svoju digitalnu zrelost i integrirati modernu tehnologiju u proizvodnju, distribuciju i administraciju. Digitalna transformacija poljoprivrede u Republici Hrvatskoj predstavlja strateški prioritet u okviru nacionalne strategije i europskih inicijativa. Cilj je povećanje učinkovitosti, konkurentnosti i održivosti poljoprivrednih gospodarstava kroz primjenu digitalnih tehnologija, preciznu poljoprivredu, e-usluge i digitalne registre. Strategija definira ciljeve digitalne transformacije hrvatske poljoprivrede do 2030. godine, uključujući povećanje učinkovitosti, konkurentnosti i održivosti. Naglasak je na preciznoj poljoprivredi, uključujući upotrebu senzora, GPS tehnologije, dronova, softverskih rješenja i digitalnih registara. Promovira e-poljoprivredu, digitalizaciju administrativnih procesa, praćenje subvencija i digitalnu edukaciju poljoprivrednika. Cilj je povećati digitalnu zrelost poljoprivrednih gospodarstava, posebno srednjih i većih OPG-ova, kroz integraciju tehnologija i podataka u poslovne procese. (Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2025.).

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva RH kroz Strategiju digitalizacije povezuje više elemenata:

- Digitalni registri i e-Poljoprivreda (Agencija za plaćanja) uključuju Arkod, Agronet, Eona, Agro GTF i Upisnik poljoprivrednika te online edukacije.
- Pilot projekti i edukacije (SmartAgriHubs) uključuju IoT senzore, digital twin, 5G, robotiku, naprednu analitiku i AI / Big Data.
- Praćenje digitalne zrelosti (DESI 2023.) prati interoperabilnost sustava i usporedbu Republike Hrvatske sa zemljama EU-a.

Unapređenje DT, uz istraživanja i procjene digitalne zrelosti, predviđeno je i kroz AKIS (engl. Agricultural Knowledge and Innovation System – AKIS). Strateškim planom Zajedničke poljoprivredne politike Republike Hrvatske 2023. – 2027. predviđena je izgradnja sustava prijenosa znanja i inovacija u poljoprivredi u Republici Hrvatskoj. Ostvarivanje unapređenja u poljoprivredi, primjena inovacija, DT i drugih sveobuhvatnih sustavnih procesa razvija se kroz skup sustava i aktivnosti:

- Suradnja s AKIS mrežom i Upravom za stručnu podršku razvoju poljoprivrede, u okviru suradnje s Ministarstvom poljoprivrede šumarstva i ribarstva;
- Suradnja s dionicima AKIS sustava upravo započinje i razvija se kroz koordinacijsko tijelo – Upravu za stručnu podršku razvoju poljoprivrede – savjetnici za poljoprivredu na terenu pokrivaju različita gospodarstva i imaju uvid u specifičnosti i potrebe svih poljoprivrednih proizvođača;
- Poljoprivrednici, uz definiranje svojih razvojnih ciljeva i potreba, kao i savjetnici pri analizi rada poljoprivrednih gospodarstava ostvaruju mogućnosti unapređenja suradnje;
- Evaluacija digitalne zrelosti postaje novi alat u ocjeni, analizi, planu i razvoju svih aspekata poljoprivredne proizvodnje (AKIS, 2026.).

Europska komisija ponudila je sveobuhvatan odgovor na složenost procesa digitalne transformacije kroz program Digitalna Europa (Digital transformation, EU 2020.). Transformacija internetskih usluga vidi se kao način za poboljšanje prilagodljivosti i automatizacije kroz standardizaciju (Indeks DESI 2022.). DESI indeks prati digitalni napredak i integraciju tehnologija u Republici Hrvatskoj, uključujući poljoprivredu. Republika Hrvatska ostvaruje srednji rang digitalne zrelosti u EU-u, s jačim rezultatima u osnovnoj digitalnoj infrastrukturi, ali nižim u naprednoj digitalnoj analitici i integraciji digitalnih tehnologija u poslovnim procesima ali s potencijalom rasta u segmentu naprednih tehnologija i analitike podataka u poljoprivredi (DESI, 2023.). Cilj je podići digitalnu zrelost hrvatskih OPG-ova, promovirati korištenje digitalnih alata i povećati interoperabilnost sustava. DESI je indeks koji mjeri digitalni napredak država članica EU-a te prati koliko su zemlje spremne za digitalnu ekonomiju i društvo te koliko učinkovito koriste digitalne tehnologije. Poljoprivredna gospodarstva postaju digitalna i povezana, pa se i njihovi pokazatelji mogu pratiti kroz DESI, posebno:

- Integraciju digitalnih tehnologija u proizvodnju i upravljanje farmom
- Korištenje e-usluga i platformi za subvencije, registracije i marketing
- Digitalne kompetencije poljoprivrednika i radnika.

E-Poljoprivreda omogućuje poljoprivrednicima podnošenje digitalnih obrazaca, pristup registrima i praćenje subvencija, čime se povećava učinkovitost i digitalna zrelost gospodarstava Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (APPRRR), pruža digitalne obrasce, registre i sustave praćenja subvencija kroz e-Poljoprivredu (Arkod, Agronet, Eona, Agro GTF, Upisnik OPG-a, Digitalne iskaznice, Portal ponuda). Cilj je smanjiti administrativne troškove, ubrzati obradu podataka i omogućiti transparentno praćenje poljoprivrednih potpora te podržati digitalnu kompetenciju poljoprivrednika kroz online edukacije i upute za korištenje sustava. Uz nadležna tijela poput Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva Republike Hrvatske, značajan je doprinos i provedbenih tijela poput Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju. Edukacija i online upute povećavaju digitalnu kompetenciju poljoprivrednika. E-Poljoprivreda omogućuje poljoprivrednicima podnošenje digitalnih obrazaca, pristup registrima i praćenje subvencija, čime se povećava učinkovitost i digitalna zrelost gospodarstava. Digitalni obrasci i registri (Arkod, Agronet, Eona, Agro GTF) usluge su za transparentno praćenje subvencija i administraciju.

## Zaključak

Imajući u vidu rastuće zahtjeve koji se postavljaju pred suvremenu poljoprivredu i poljoprivrednike, unapređenje tehnologije osigurava unapređenje kvalitete, transparentnost i uspješnije poslovanje. Primjenom suvremenih tehnologija, pametne poljoprivrede, AI, 5G, integracije i unapređenja pametnih senzora primjenom internet stvari (IoT), osiguravaju se dodatne mogućnosti nadzora biljne i animalne proizvodnje odnosno upravljanja i rada na poljoprivrednim gospodarstvima. Na ovaj se način unapređuje i pojednostavljuje upravljanje i prikupljanje velikih količina podataka, uključujući integraciju, procesiranje, analizu i prikaz obrađenih podataka, kao i pohranu istih. Sve ove opisane i mnoge druge povezane procese i ekosustave možemo nazvati pametnom poljoprivredom, koja je rezultat primjene kombinacije suvremenih znanstveno-tehnoloških i stručnih rješenja u svakodnevnoj proizvodnji. Digitalna transformacija hrvatske poljoprivrede u razdoblju 2025. – 2026. godine predstavlja jedan od ključnih smjerova razvoja domaćeg agrarnog sektora. Cilj transformacije jest povećanje produktivnosti, održivosti i konkurentnosti poljoprivredne proizvodnje kroz primjenu suvremenih digitalnih tehnologija i pametnih rješenja. U tom procesu posebnu ulogu imaju digitalne platforme koje omogućuju učinkovitije upravljanje farmama, planiranje proizvodnje, praćenje troškova te lakšu prodaju i distribuciju poljoprivrednih proizvoda. Sve veći broj poljoprivrednika koristi digitalne alate za administraciju, komunikaciju s kupcima i povezivanje s tržištem. Srednja i velika poljoprivredna gospodarstva ističu se višom razinom digitalizacije, pri čemu se procjenjuje da će digitalna penetracija doseći između 60 i 65 %. Takva gospodarstva sve češće uvode ERP sustave, senzore, sustave za preciznu poljoprivredu te softvere za analitiku podataka. Primjena ovih tehnologija omogućuje bolje upravljanje resursima, optimizaciju proizvodnje i donošenje odluka temeljenih na podacima u realnom sektoru. S druge strane, mala poljoprivredna gospodarstva provode postupnu digitalizaciju, pri čemu značajnu podršku pružaju fondovi Europske unije i sredstva iz Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO). Posebno važan segment digitalne transformacije odnosi se na primjenu IoT tehnologije, 5G mreža i „edge computinga“. Korištenjem senzora i povezanih uređaja moguće je pratiti stanje usjeva, kvalitetu tla, potrošnju vode i druge ključne parametre u stvarnom vremenu. Time se povećava učinkovitost proizvodnje i smanjuju nepotrebni troškovi. Uz to, koncept digitalnog blizanca (digital twin) omogućuje stvaranje virtualne simulacije gospodarstva, pomoću koje se mogu testirati različiti

scenariji proizvodnje, procjenjivati rizici i unaprijed planirati poslovne odluke. Robotika i automatizacija također postaju sve prisutnije u hrvatskoj poljoprivredi. Primjena samohodnih traktora, autonomnih strojeva i robotskih sustava za mužnju doprinosi smanjenju potrebe za fizičkim radom i povećanju preciznosti proizvodnje. Takva rješenja posebno su važna u kontekstu nedostatka radne snage i potrebe za modernizacijom sektora. Velik potencijal imaju i umjetna inteligencija te Big Data analitika. Analizom velikih količina podataka moguće je predviđati prinose, prepoznati potencijalne bolesti usjeva, optimizirati korištenje gnojiva i pesticida te poboljšati ukupnu produktivnost. Na taj način poljoprivredna proizvodnja postaje održivija i ekonomski učinkovitija. Uz navedeno, blockchain tehnologija postupno ulazi u područje opskrbnog lanca hrane, čijom se primjenom povećava transparentnost proizvodnje, sigurnost podataka i mogućnost praćenja proizvoda „od polja do stola“. Time se jača povjerenje potrošača i osigurava veća kontrola kvalitete proizvoda. Važan preduvjet uspješne digitalne transformacije jest kontinuirana edukacija poljoprivrednika. Povećanje digitalnih kompetencija omogućuje lakše korištenje novih tehnologija i učinkovitiju primjenu u svakodnevnom poslovanju. Edukacije, radionice i stručni programi imaju ključnu ulogu u prilagodbi poljoprivrednog sektora digitalnom dobu. Napredak hrvatske poljoprivrede prati se i kroz pokazatelje digitalne zrelosti, poput DESI indeksa, koji omogućuje usporedbu s drugim državama Europske unije. Poseban naglasak stavlja se na interoperabilnost sustava, odnosno mogućnost međusobnog povezivanja različitih digitalnih platformi i tehnologija.

## Literatura

- Ahmadi, S., Amendolagine, V. & LaSala, P. Unpacking the impacts of digitalization of knowledge transfer in agri-food sector, through sociotechnical systems theory: a systematic literature review. *Agric Econ* 13, 51 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40100-025-00393-3>
- AKIS - (engl. Agricultural Knowledge and Innovation System – AKIS) (2026), u Republici Hrvatskoj., <https://akis.mps.hr/akis-rh/> i AKIS u EU - [https://eu-cap-network.ec.europa.eu/support/innovation-knowledge-exchange-eip-agri/akis\\_en](https://eu-cap-network.ec.europa.eu/support/innovation-knowledge-exchange-eip-agri/akis_en)
- Al Manei, M., Salonitis, K., & Tsinopoulos, C. (2018). A conceptual lean implementation framework based on change management theory. *Procedia CIRP*, 72, 1160-1165.
- Choudhary, V., Guha, P., Pau, G., Mishra, S., (2025) An overview of smart agriculture using internet of things (IoT) and web services, *Environmental and Sustainability Indicators*, Volume 26, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100607>.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) Questionnaire upon digital maturity, (2019). <https://www.insidecotton.com/sites/default/files/article-files/GDF1901%20CSIRO%20Digital%20maturity%20index%20and%20assessment%20tool.pdf>
- DESI 2023 – fokus na Hrvatsku Digitalna ekonomija i poljoprivreda u Hrvatskoj <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- EDZ 2026, Istraživački projekt za evaluaciju digitalne zrelosti poljoprivrednih gospodarstava u Republici Hrvatskoj, provodi se u suradnji Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku (FAZOS) i Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, Uprava za stručnu podršku razvoju poljoprivrede (<https://poljoprivreda.gov.hr/> i <https://savjetodavna.mps.hr/>)
- European Commission - Digital Agriculture 2030 / Roadmap and Trends - Stranica Europske Komisije o digitalnoj poljoprivredi i strategijama: [https://commission.europa.eu/topics/agriculture-and-rural-development/future-agriculture\\_en](https://commission.europa.eu/topics/agriculture-and-rural-development/future-agriculture_en) [https://commission.europa.eu/topics/agriculture-and-rural-development/strategic-dialogue-future-eu-agriculture\\_hr](https://commission.europa.eu/topics/agriculture-and-rural-development/strategic-dialogue-future-eu-agriculture_hr)

- EU - Digital transformation, definition (2020)., dostupno online na: URL [https://ec.europa.eu/croatia/what\\_is\\_digital\\_transformation\\_changing](https://ec.europa.eu/croatia/what_is_digital_transformation_changing)
- Gartner Glossary Digital business transformation definition, (2022), dostupno na: URL <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-transformation>
- GPS use in agriculture (2026), GPS technology in agriculture, GPS in precision farming: smart and data-drive <https://qaltivate.com/blog/gps-technology-in-agriculture/>
- Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry / Telmo Adão, Jonáš Hruška, Luís Pádua, José Bessa, Emanuel Peres, Raul Morais, and Joaquim João Sousa, dostupno na: URL[[https://www.researchgate.net/publication/320716685\\_Hyperspectral\\_Imaging\\_A\\_Review\\_on\\_UAV-Based\\_Sensors\\_Data\\_Processing\\_and\\_Applications\\_for\\_Agriculture\\_and\\_Forestry](https://www.researchgate.net/publication/320716685_Hyperspectral_Imaging_A_Review_on_UAV-Based_Sensors_Data_Processing_and_Applications_for_Agriculture_and_Forestry)]
- Indeks DESI 2021. (2022), Indeks gospodarske i društvene digitalizacije (DESI), dostupno na: [https://www.carnet.hr/wp-content/uploads/2021/11/DESI\\_2021](https://www.carnet.hr/wp-content/uploads/2021/11/DESI_2021)
- Informacije o e-Poljoprivredi, digitalnim obrascima i registrima, Agencija za plaćanja u poljoprivredi, <https://www.apprrr.hr/>
- Liang, M.H.; He, Y.F.; Chen, L.J.; Du, S.F. Greenhouse Environment dynamic Monitoring system based on WIFI. IFAC-PapersOnLine 2018
- Lugavić, Z. i Rožajac, A. (2022). Digitalna transformacija: multidisciplinarno upravljanje promjenama. *Tranzicija*, 25. (50.), 43-64. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/313071>
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57, 339-343.
- McKinsey Global Survey on digital transformations (2018), dostupno na: URL <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations#>
- Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske Strategija digitalizacije poljoprivrede RH (2025), 2020 - 2030 <https://poljoprivreda.gov.hr/strategije-i-programi/146> Ministarstvo poljoprivrede RH - Strategija digitalizacije poljoprivrede RH 2020 - 2030 [https://poljoprivreda.gov.hr/https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti\\_novosti/Nacrt\\_strategije\\_poljoprivrede\\_2020\\_2030\\_.pdf](https://poljoprivreda.gov.hr/https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti_novosti/Nacrt_strategije_poljoprivrede_2020_2030_.pdf) <https://fis.mps.hr/obavijesti>
- FAO - Digital Agriculture Outlook, Očekivani pokazatelji digitalne zrelosti 2025 - 2026., (2025), <https://www.fao.org/e-agriculture/https://www.fao.org/publications/en/>, <https://www.fao.org/innovation/digital-agriculture-and-ai-innovation/en>, <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ebe288ao-db1b-4abo-b359-efcaf415b772/content>
- PRISMA 2020 dijagram (2026), Page MJ, et al. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
- SmartAgriHubs – lokalni hrvatski partneri i pilot projekti (2026) <https://www.smartagrihubs.eu/libraryhttps://www.college.police.uk/support-forces/practices/local-focus-hub-multi-agency-hub-model>
- Spremić, M. (2017) Digitalna transformacija poslovanja. Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski Fakultet. Zagreb
- Brunnermeier, M., James, H., & Landau, J. (2021): The digital euro and the future of European payments. Princeton University.
- Tabrizi, B., Lam, E., Girard, K., Irvin V., (2019), Digital Transformation Is Not About Technology - Change Management, *Harvard business review*, dostupno na: URL <https://hbr.org/2019/03/digital-transformation-is-not-about-technology>
- Westerman, G., Bonnet, D., McAfee, A. (2014). The nine elements of digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 55(3), 1-6.

# The Achievement of Digital Transformation of Agriculture Through a Knowledge - Transfer System and a Connection with the Application of Information and Communication Technologies – Challenges and Opportunities

## Abstract

In industrial sectors, services, agriculture and food production, the application of innovative technologies and digital transformation points to the system's growing complexity, connection of all stakeholders, producers, biotechnical and social sciences, and increasingly numerous and complex technologies, as well as to the necessity of a complete and systematic approach that takes into account various mutual influences and opportunities in the development of agriculture. Networking of organizations and individuals enables better communication, connection, and development of new knowledge, its transfer, and the improvement of technology, production, and overall social development, while the digital platforms are a key for the facilitation of knowledge sharing among stakeholders. The aim of this paper is to analyze the mechanisms of knowledge transfer in the agri-food sector and to determine the key stakeholders, communication channels, and obstacles that affect the transfer of knowledge. In addition, the focus is on the contribution and interrelationship of the application of digital technologies as part of the process of knowledge transfer and realization of digital transformation of agriculture. Furthermore, the aim of the paper is to contribute to the awareness of professional, scientific, and general public about the importance of a systematic approach in the obtainment of conditions for the so-called smart agriculture, which can meet the modern conditions of technological development and production and knowledge transfer systems like AKIS with the awareness about a growing importance of knowledge transfer and management. By conducting a systematic analysis and literature review and by reviewing the Scopus, WoS, and Elsevier databases in the field of agrobiotechnical and economic sciences, a trend of increasing the number of works in the field of digital transformation of agriculture, as well as a knowledge transfer as part of the overall process, were observed.

Keywords: innovative technologies, digital transformation (DT), information and communication technologies (ICTs), smart agriculture, knowledge transfer and management, AKIS