

Gabrijel Tušek¹, Domagoj Zimmer², Luka Šumanovac²,
Mladen Jurišić², Stjepan Sito³, Antun Babić⁴

Stručni rad

Mobilne aplikacije za procjenu stanja biljaka

Sadržaj

U radu su prikazane aktualne programske mobilne aplikacije za utvrđivanje stanja biljaka. Prikazani su software-i koji su dio moderne pametne poljoprivrede, a omogućuju kontrolu stanja biljaka, odnosno trenutni monitoring za očuvanje zdravih usjeva s ciljem očuvanja resursa. Prikazane programske mobilne aplikacije upotrebljavaju različite algoritme, identifikaciju označenih sumnjivih područja, postotnu procjenu defolijacije sve do korištenja infrastrukturnih oblaka (cloud). Upotrebom navedenih mobilnih aplikacija rukovatelj dobiva kvalitetnu procjenu i predviđanje bolesti s prijedlozima za oporavak biljaka. Korištenjem suvremene tehnike i dodatne digitalne opreme omogućuje se kvalitetna biljna proizvodnja uz višestruke uštede.

Ključne riječi: mobilne aplikacije, detekcija stanja biljaka, bolesti biljaka, algoritmi

Uvod

Zaštita usjeva ključna je aktivnost za održivost i izvedivost poljoprivrede u trenutnom kontekstu klimatskih promjena, koje uzrokuju destabilizaciju poljoprivrednih praksi i povećanje učestalosti štetnika i bolesti, te rastuću svjetsku populaciju koja zahtijeva osiguranje lanca opskrbe hranom i sigurnost hrane (Mesias-Ruiz i sur., 2023). Prema Petrellis (2019) rano otkrivanje bolesti biljaka ključno je za učinkovitu kontrolu, čime se osigurava minimaliziranje financijskih troškova i utjecaja na okoliš. Ako se bolesti ne tretiraju na vrijeme, troškovi proizvodnje mogu znatno porasti jer se bolest može proširiti na cijeli usjev. Medina (2024) navodi kako automatsko otkrivanje biljnih patogena, po mogućnosti u ranim fazama i bez oštećenja biljke, postaje sve raširenije u agro-prehrambenom sektoru. Osnovna pretpostavka u automatiziranom otkrivanju je da zaražena biljka pokazuje specifične razlike u odnosu na zdravu. Behmann i sur. (2015) uočavaju kako su nove tehnologije u zaštiti usjeva usmjerene na detekciju i identifikaciju simptoma ili problema uzrokovanih štetnicima usjeva, dok Čakić i sur. (2022) navode kako se aplikacije za zaštitu usjeva i dijagnostiku

¹ Gabrijel Tušek, mag. ing. agr. mehanizacije, student poslijediplomskog studija Tehnički sustavi u poljoprivredi, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Republika Hrvatska;

² doc. dr. sc. Domagoj Zimmer, prof. dr. sc. Luka Šumanovac, prof. dr. sc. Mladen Jurišić, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Republika Hrvatska;

³ prof. dr. sc. Stjepan Sito, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska;

⁴ Antun Babić, dipl. ing. stroj., Tehnička škola Ruđera Boškovića Vinkovci, Ul. Stanka Vraza 15, 32100, Vinkovci, Republika Hrvatska

Autor za korespondenciju: dzimmer@fazos.hr

uglavnom koriste za otkrivanje i dijagnosticiranje štetnika i bolesti, identifikaciju i tretiranje korova te dijagnostiku zemljišta i biljaka. Prema Qiang (2012) m-aplikacije su softver osmišljen za korištenje mobilne tehnologije i mogu se razvijati za različite tehnologije, ne samo za mobilne telefone. Međutim, mobilni telefoni posjeduju brojne ključne prednosti kao što su pristupačnost, široka rasprostranjenost, glasovna komunikacija te trenutna i praktična isporuka usluga. Zbog svega navedenoga dolazi do globalnog porasta broja m-aplikacija, omogućeno brzim napretkom mobilnih mreža, sve većim mogućnostima i sve nižim cijenama mobilnih uređaja. U zemljama u razvoju, m-aplikacije se znatno razlikuju jer uglavnom funkcioniraju na telefonima druge generacije (2G), dok su pametni telefoni mnogo češći u razvijenim zemljama. Muhammed (2024) navodi kako fotografirajući zahvaćene dijelove biljaka, poljoprivrednici mogu brzo i precizno prepoznati bolesti i pronaći odgovarajuće tretmane koristeći mobilnu aplikaciju koja koristi naprednu umjetnu inteligenciju. Najnoviji algoritmi umjetne inteligencije (engl. artificial intelligence-AI) za obradu slika putem oblaka (engl. cloud) omogućuju trenutnu dijagnozu. Prema Spajić (2021) digitalni savjetnički alati i usluge obuhvaćaju računalne i mobilne aplikacije te različite servise, bilo da su neovisni o platformi ili povezani putem interneta. Ovi alati omogućuju prikupljanje, analizu, razmjenu podataka i informacija između poljoprivrednika i njihovih savjetnika ili međusobno. Primjeri aplikacija dostupnih u Republici Hrvatskoj uključuju 2Agrodox, "Phyto View", "AGBase" i aplikaciju "Pitanja i Odgovori", koja pruža savjete, informacije, kao i stručnu, tehničku podršku poljoprivrednicima, nudeći odgovore na najčešća pitanja. Sve više se koriste mobilne aplikacije koje pomažu poljoprivrednicima u donošenju odluka vezanih uz zaštitu usjeva. Prema istraživanju koje provode Mariusa i sur. (2019) provedeno od strane 207 njemačkih poljoprivrednika u 2019. godini, 95 % ih je koristilo pametne telefone, ali samo 71 % je izjavilo da koriste aplikacije za zaštitu usjeva. Vennila (2022) navodi kako danas postoji više od tisuću aplikacija posvećenih poljoprivredi i tehnologiji uzgoja bilja diljem svijeta. Većina tih aplikacija dostupna je na engleskom jeziku putem Google Play trgovine aplikacija. Među najpopularnijima po broju preuzimanja su "Agriculture", "Farming Calculator PRO", "Organic Gardening", "AgriAPP" i "Agricltuar Compendium". Mobilne aplikacije su kreirane za pravovremeno upozoravanje na štetnike (Pest-predict EMS i RBS), kao i za kalkulaciju insekticida i fungicida (IFC) za 16 različitih usjeva. Također, tu su i aplikacije za Integriranu zaštitu bilja (IPM) za četiri usjeva, sve dostupne na Android platformi. Prema Luke i sur. (2019) aplikacija "Purdue Plant Doctor" dostupna je u različitim verzijama za svaku vrstu biljke na iOS i android platformama. Aplikacija koristi upitnike za dijagnosticiranje biljnih bolesti. Slična aplikacija je "Plant Doctor" koju nudi Plantix. Riječ je o sustavu treniranom za prepoznavanje velikog broja bolesti. Aplikacija može komunicirati s udaljenom bazom podataka radi veće preciznosti (Strey i sur., 2019). "PlantifyAI" je inovativna mobilna aplikacija koja koristi konvolucijsku (unakrsnu korelaciju) neuronsku mrežu za pružanje informacija o uobičajenim simptomima, metodama suzbijanja i predloženim proizvodima za 26 bolesti usjeva u 14 različitih vrsta (Shrimal, 2021). Mobilna aplikacija, "Paddy Pest and Disease Specialist Identification System", koristi se za identifikaciju štetnika i bolesti u riži. Informacije su organizirane u obliku tablice i obuhvaćaju uzročnika, uobičajene i znanstvene nazive štetnika, slike, simptome te metode suzbijanja (Triono i Tristono, 2016). Mobilna aplikacija pod imenom "Dr Lada" omogućila je otkrivanje štetnika i bolesti u paprici. Korisnici mogu sami postaviti dijagnozu štete ili infekcije bolesti putem aplikacije odgovarajući na postavljena pitanja, čime se smanjila potreba poljoprivrednika za angažiranjem poljoprivrednog stručnjaka za dijagnozu (Aadma i sur., 2017). Još jedna mobilna aplikacija je "e-RICE" koja

pomaže poljoprivrednicima u prepoznavanju štetnika i bolesti u riži. Koristi algoritam temeljen na pravilima za generiranje pravila, koristeći znanje i informacije stručnjaka za rižu kako bi klasificirao simptome koje poljoprivrednik opisuje za stvarnu dijagnozu. Svaku dijagnozu bolesti ocjenjuju ponovno razvojni inženjeri, drugi poljoprivrednici i poljoprivredni službenici (Morco i sur., 2017). Razvoj i primjena autonomnih traktora s naprednim senzorskim sustavima, obradom podataka i alatima za aplikaciju mogu donijeti značajne koristi. Ova tehnologija omogućuje implementaciju mjera kontrole štetnika samo u situacijama kada su one zaista potrebne, što rezultira smanjenjem troškova, negativnog utjecaja na okoliš i rizika za poljoprivrednike. (Pérez-Ruiz i sur., 2015).

“Plantix”

Aplikacija “Plantix” omogućuje ključne informacije o simptomima, kemikalijama i biološkim tretmanima. Slike poslane putem aplikacije su geografski označene, omogućavajući praćenje štetnika i bolesti u stvarnom vremenu. Dobiveni metapodaci pružaju korisne uvide u prostornu distribuciju uzgojenih usjeva i najvažnijih biljnih bolesti, često prikazane na visokokvalitetnim mapama. Aplikacija također sadrži lokalizirani sustav informacija o vremenskim uvjetima te interakciju s drugim korisnicima. Fotografije usjeva se analiziraju tehnologijom prepoznavanja slika koja koristi bazu od 500.000 slika koje obuhvaćaju 30 usjeva, te nudi preporuke za preko 120 biljnih bolesti. Aplikacija geografski označava slike zbog praćenja zdravlja usjeva širom regija, pružajući jasne dijagnostičke prijedloge korištenjem algoritama dubokog učenja. “Plantix” je digitalni mobilni alat koristan za postizanje profitabilne i održive poljoprivrede među poljoprivrednicima s manjim proizvodnim površinama (Čakić i sur., 2022; Lekshmi Priya, 2019.). Slika se šalje u oblak gdje se obrađuje i generira rezultat. Osim individualne dijagnoze, korisnici mogu pristupiti informacijama o standardnim tretmanima, alternativnim opcijama suzbijanja i preventivnim mjerama suzbijanja, dostupnim i bez internetskog pristupa. Na slici 1. je ekran aplikacije - glavni izbornik pomoću kojeg se otvara sučelje za izbor aktivnosti aplikacije.



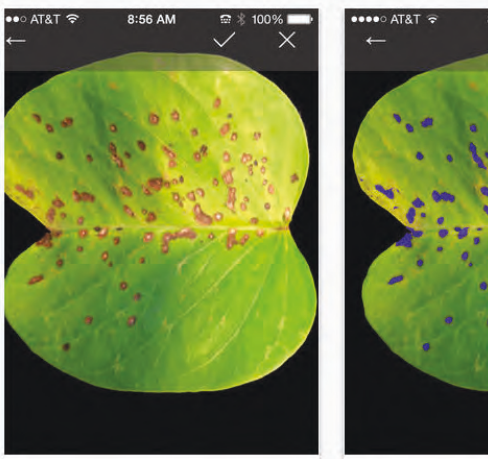
Slika 1. Aplikacija “Plantix” glavni izbornik (Izvor: <https://plantix.net/en/>)

Figure 1. “Plantix” application (a) main men (Source: <https://plantix.net/en/>)

“LeafDoctor”

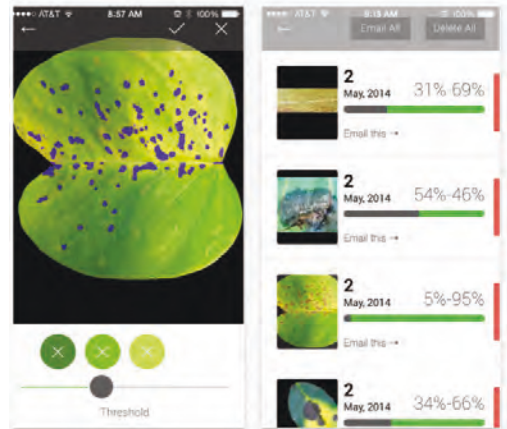
Mobilna aplikacija pod nazivom “Leaf Doctor” služi za razlikovanje zdravog i oboljelog biljnog tkiva te za izračunavanje stupnja razvoja bolesti. Korisnici koriste aplikaciju putem dodirnog zaslona kako bi odabrali do osam različitih boja koje predstavljaju zdrava tkiva. Pomicanjem klizača označavaju se simptomatska tkiva plavom bojom. Pikselizirana slika se analizira kako bi se utvrdio postotak oboljelih tkiva (Pethybridge i Nelson, 2015). Navedena

aplikacija omogućuje korisnicima da razlikuju oštećena i zdrava tkiva lista te izračunava stupanj razvoja bolesti u postotku (Slika 2.). Aplikacija izračunava postotak oboljenja koristeći kreiranu pikseliranu fotografiju. Preciznost, točnost i stabilnost aplikacije “Leaf Doctor” testirane su koristeći šest bolesti i tipične lezije rastuće ozbiljnosti (Pethybridge i sur., 2015).



Slika 2. Detekcija zaraženog područja pomoću aplikacije “Leaf Doctor” (Izvor: <https://www.quantitative-plant.org/software/leaf-doctor>)

Figure 2. Detection of the infected area using the “Leaf Doctor” application (Source: <https://www.quantitative-plant.org/software/leaf-doctor>)



Slika 3. Prikaz zaraženosti površine lista kroz postotak (Izvor: <https://www.quantitative-plant.org/software/leaf-doctor>) / **Figure 3.** Display of leaf surface infection in percentage (Source: <https://www.quantitative-plant.org/software/leaf-doctor>)

Algoritam za ocjenu stanja biljke temelji se na sekvencijalnom, korisnički vođenom dodirivanju identificiranih pikselnih područja na slici koja odgovaraju zdravim biljnim tkivima, poput nijansi zelene boje. Prilikom fotografiranja biljke nužno je imati zasjenjivanje jer time se smanjuje refleksija svjetlosti s površine lista, što može izmijeniti prirodne boje kutikule i ugroziti procjenu algoritma za mjerenje razine bolesti (Sibiya i Sumbwanyambe, 2019). Nakon što se pikselizirana slika analizira, izračunava se postotak oboljelog tkiva. Predložena metoda donosi novi algoritam za buduća poboljšanja aplikacije. Na slici 3. prikazan je površina lista na kojem se uočava postotak površine lista koji je zaražen. Kako bi se smanjila pogreška rukovatelja oko procjene stanja bolesti biljke, aplikacija omogućuje upotrebu fuzzy logike za procjenu postotka ozbiljnosti oboljele biljke (Pethybridge i Nelson, 2015).

“BioLeaf”

Mobilna aplikacija “BioLeaf” koristi slike snimljene pametnim telefonom ili preuzete iz galerije kako bi automatski i *in situ* prepoznala područja listova s lezijama uzrokovanim kukcima. Također procjenjuje postotak defolijacije u odnosu na ukupnu površinu lista. Ova metoda identifikacije je nedestruktivna (ne zahtijeva uklanjanje lista s biljke). Aplikacija automatski procjenjuje površinu lezija ako konture listova nisu oštećene. U slučaju oštećenja,

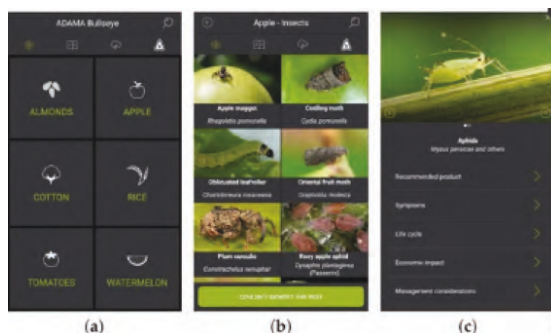
korisnik mora ručno rekonstruirati konturu koristeći krivulje i kontrolne točke. Za pravilnu analizu potrebno je postaviti bijelu površinu iza lista koji se analizira. Na slici 4. prikazana su tri ekrana aplikacije: glavni izbornik, sučelje sa snimljenom slikom lista i sučelje s rezultatima segmentacije slike i obrade.



Slika 4. “BioLeaf” aplikacija: (a) Glavni izbornik; (b) Snimanje fotografije lista; (c) Obrada fotografije i rezultati *Izvor: <http://bioleaf.icmc.usp.br/>*
Figure 4. “BioLeaf application”: (a) Main menu; (b) Taking a photo of the leaf; (c) Photo processing and results (*Source: <http://bioleaf.icmc.usp.br/>*)

ADAMA “Bullseye”

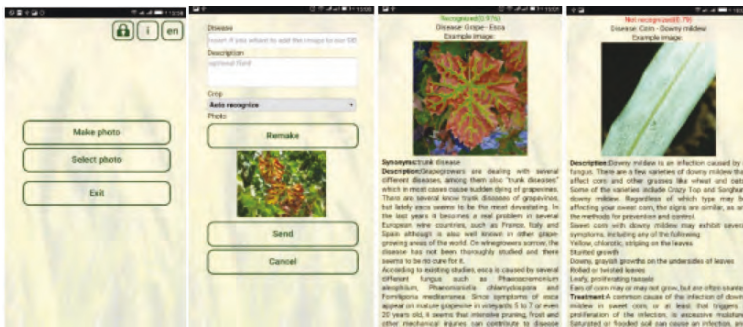
ADAMA “Bullseye” posjeduje bazu podataka koja pomaže poljoprivrednicima da identificiraju (vizualnim usporedbama) štetnike i bolesti u usjevima riže, badema, rajčice, jabuka, lubenica i pamuka. Također pruža informacije o životnom ciklusu štetnika i bolesti, koje se mogu pronaći u aplikaciji pretragom po nazivu ili simptomima, te korištenje vremenskih prognoza putem ADAMA Climate službe. Na slici 5. prikazana su tri ekrana aplikacije: glavni izbornik, sučelje gdje su prikazani štetnici za određeni usjev (u ovom slučaju jabuka) i sučelje gdje su prikazane informacije o određenoj bolesti ili štetniku (Mendes i sur., 2020).



Slika 5. ADAMA “Bullseye”: (a) Glavni izbornik; (b) Štetnici određenog usjeva; (c) Informacije o pojedinim štetnicima *Izvor: <https://apkpure.com/adama-bullseye/com.adama.adamabullseye#com.adama.adamabullseye-3/>*
Figure 5. ADAMA “Bullseye”: (a) Main Menu; (b) Pests of a specific crop; (c) Information on individual pests (*Source: [https://apkpure.com/adama-bullseye/com.adama.adamabullseye-3/](https://apkpure.com/adama-bullseye/com.adama.adamabullseye#com.adama.adamabullseye-3/)*)

“PDDApp: Plant Disease Detection”

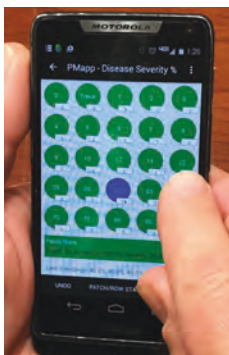
“PDDP” je mobilna aplikacija (Slika 6.) koja se sastoji od skupa međusobno povezanih usluga i alata razvijenih, implementiranih i hostiranih (eng. host) na infrastrukturi oblaka Zajedničkog instituta za nuklearna istraživanja. To osigurava potrebnu skalabilnost rješenja, a ako neki dio platforme zahtijeva više resursa, oni se mogu lako dodijeliti (Korenkov i sur., 2019). Korisnik može fotografirati zaraženu biljku i dobiti prognozu bolesti te prijedloge za primjenu određenih sredstava. Ako korisnik ne može fotografirati biljku, moguće je preuzeti slike putem aplikacija preko interneta. Aplikacija je u beta fazi, odnosno čeka se implementiranje offline načina rada u aplikaciji kada se prikupe podaci o usjevima i bolestima u većem broju (Uzhinsky i sur., 2019).



Slika 6. Sučelje aplikacije “PDDApp” (Izvor: <https://apkpure.com/pddapp-plant-disease-detection/pdd.jinr.ru>) / **Figure 6.** Interface of the “PDDApp” application (Source: <https://apkpure.com/pddapp-plant-disease-detection/pdd.jinr.ru>)

“Pmapp”

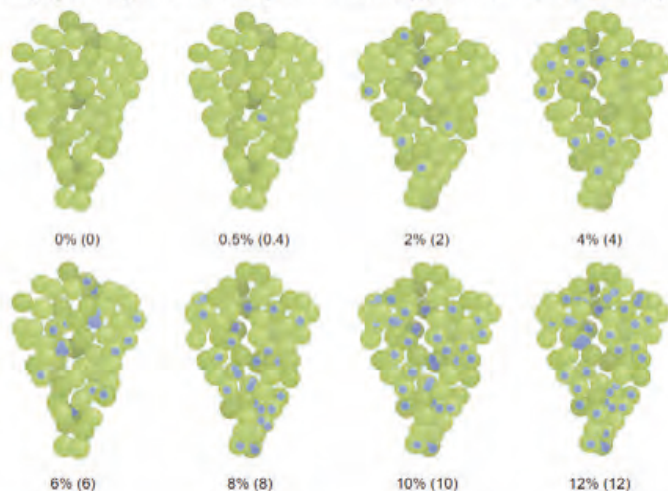
Mobilna aplikacija “Pmapp” omogućava korisnicima brzo procjenjivanje stupnja incidencije pepelnice vinove loze vizualnom usporedbom s računalno generiranom slikom. Korištenjem slikovnog “ključa” bolesti koji prikazuje različite razine infekcije pepelnicom, korisnici mogu odrediti postotak zaraženih grozdova (incidenciju bolesti) i zaraženu površinu (razinu oboljenja). Aplikacija također nudi alat za ocjenjivanje koji odgovara incidenciji i razini zaraze pepelnicom na terenu, što omogućuje točnije predviđanje utjecaja na kvalitetu vina. Slika 7. prikazuje tri zaslona aplikacije: glavni izbornik, sučelje za procjenu bolesti u aplikaciji te snimka zaslona modula obuke za online procjenu područja (Macmillian C., 2017).



Slika 7. Pmapp: Glavni izbornik (lijevo), sučelje za procjenu bolesti u aplikaciji (sredina) te snimka zaslona modula obuke za online procjenu područja (desno) Izvor: www.vineyardteam.org / **Figure 7.** Pmapp: Main menu (left); Disease assessment in the app (middle) and screenshot of the online area assessment training module (right) (Source: www.vineyardteam.org)

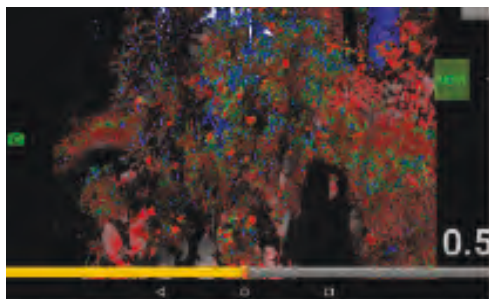
Prolaskom između redova, bilježi se stupanj infestacije, biljka po biljka. Na PMapp (prema nazivu pepelnice na engleskom, *Powdery mildew*) (Slika 8), procjene biljaka odvijaju se pojedinačno, a zatim se grupiraju po redovima. Sa svakim novim podatkom, aplikacija određuje incidenciju bolesti u vinogradu i razinu infekcije u cjelini. Na kraju rada aplikacija automatski generira statistiku na temelju unesenih podataka što znatno olakšava poljoprivredniku planiranje primjene potrebnih sredstva (Cinquemani, 2017).

Grape powdery mildew severity assessment key (2% increments in low range)



Slika 8. Prikaz dijagramske razine ozbiljnosti, Izvor: (www.vineyardteam.org) / **Figure 8.** A diagrammatic representation of the severity level, Source: (www.vineyardteam.org)

ImScope je mobilna aplikacija koja koristi algoritme za obradu slike, različite filtere i indekse. Navedena aplikacija omogućuje dobivanje različitih slika, poput NIR, NRG, NGB, NDVI, GRI te GBI. Na slici 9. Prikazan je zaslon aplikacije s NDVI slikom, dok je na slici 10. prikazan s GBI slikom (<https://www.idoneos.com/>)

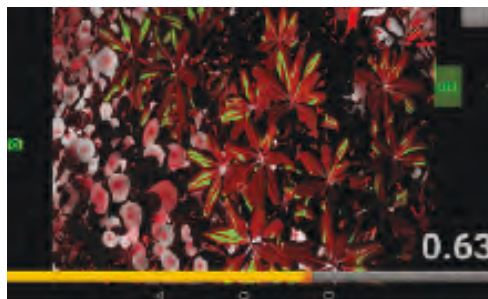


Slika 9. Zaslon aplikacije s NDVI slikom

Izvor: (https://www.idoneos.com)

Figure 9. Application screen - NDVI image

(Source: https://www.idoneos.com)



Slika 10. Zaslon aplikacije s GBI slikom

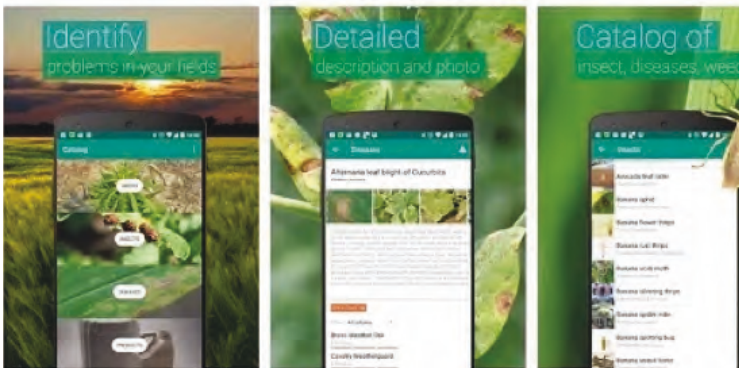
Izvor: (https://www.idoneos.com)

Figure 10. Application screen - GBI image

(Source: https://www.idoneos.com)

“Agrobase”

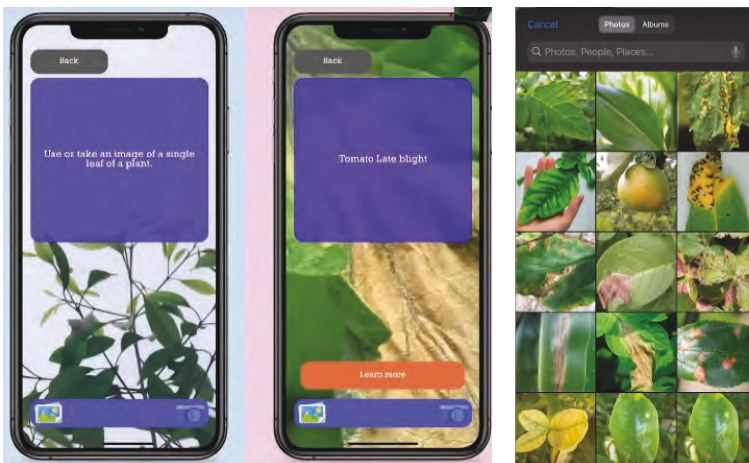
Mobilna aplikacija “Agrobase” je namijenjena za identifikaciju korova, bolesti ili štetnika koje se pojavljuju na različitim vrstama usjeva, te za provjeru koji je proizvod za zaštitu bilja najučinkovitiji. Aplikacija omogućuje smanjenje upotrebe sredstava za zaštitu. Korovi, štetnici i bolesti mogu se pronaći u aplikaciji pretraživanjem po njihovom narodnom nazivu, latinskom imenu, kategoriji ili tipu usjeva na kojem se pojavljuju. Fitosanitarni proizvodi mogu se pronaći pretraživanjem po aktivnoj tvari, nazivu, kategoriji ili tipu usjeva na koje će se primijeniti (Buinickaite, 2020). Na slici 11. Prikazana su tri zaslona aplikacije: glavni izbornik, katalog korova, štetnika i bolesti te sučelje gdje korisnik može vidjeti detaljan opis.



Slika 11. Izgled i prikaz aplikacije “Agrobase”
Izvor: (<https://balconygardenweb.com/>) / **Figure 11.** Appearance and presentation of the “Agrobase” application (Source: <https://balconygardenweb.com/>)

“PlantifyDr”

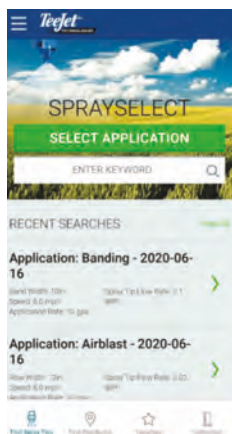
Mobilna aplikacija “PlantifyDr” koristi algoritme strojnog učenja za identifikaciju biljaka i detekciju je li određena biljka zaražena te ima mogućnost identifikacije pokrivenosti lisne površine pri folijarnom tretmanu biljke (Siddiqua i sur., 2022). Na slici 12. prikazana je identifikacija biljke.



Slika 12. Identifikacije biljke
Izvor: <https://github.com/lavaman131/PlantifyDr>
Figure 12. Plant identification (Source: <https://github.com/lavaman131/PlantifyDr>)

“SpraySelect”

“SpraySelect” je mobilna aplikacija koja omogućava brzo i intuitivno odabiranje najprikladnijih tipova mlaznica za aplikaciju uzimajući u obzir karakteristike usjeva koji se tretiraju i željene karakteristike zaštite. Nakon unesenih parametara (radna brzina, razmak između vrhova mlaznica, razina aplikacije prema l/ha ili gpa i kategorija veličine kapljica) aplikacija omogućuje listu preporučenih mlaznica i korisne savjete. Na slici 13. prikazana su tri snimka ekrana aplikacije: izbornik za odabir tipa poljoprivredne primjene i sučelje koje omogućava podešavanje navedenih vrijednosti te lista preporučenih mlaznica (<https://www.teejet.com/>).



Slika 13. Aplikacije

“SpraySelect”

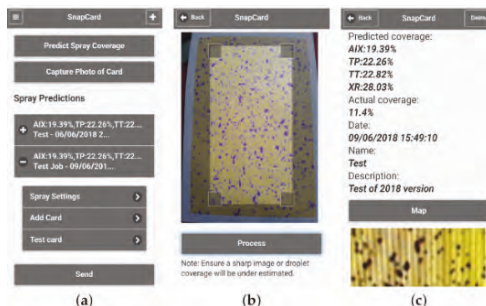
(Izvor: <https://play.google.com/>)

Figure 13.

“SpraySelect”

application

(Source: <https://play.google.com/>)



Slika 14. Prikazuje korištenje aplikacije “SnapCard”: (a) glavni izbornik; (b)

sučelje za postavljanje područja interesa za analizu; (c) rezultati obrade

Izvor: (<https://apps.apple.com/>) / **Figure 14.** Shows “SnapCard” application

usage: (a) main menu; (b) an interface for setting areas of interest for analysis;

(c) processing results (Source: <https://apps.apple.com/>)

“SnapCard”

Aplikacija omogućuje procjenu pokrivenosti područja zaštite pesticidima očitanjem markera osjetljivih na vodu rasutih po području usjeva. Aplikacija omogućuje podršku u donošenju odluka: pokrivenosti zaštite dobivene s očekivanom procjenom, na temelju agronomskih varijabli, vremenskih uvjeta i konfiguracija zaštite; predviđanje pokrivenosti zaštite na temelju trenutnih uvjeta, te pohranu zapisa o zaštiti lokalno na uređaju i njihovo sinkroniziranje s web serverom za kasniju upotrebu. Na slici 14. prikazana su tri zaslona aplikacije: glavni izbornik, sučelje za postavljanje područja interesa za analizu i sučelje s prikazom rezultata obrade (Ferguson i sur., 2016).

Zaključak

Mobilne aplikacije u poljoprivredi imaju ključnu ulogu u modernizaciji i optimizaciji poljoprivredne proizvodnje. Omogućuju poljoprivrednicima pristup informacijama u stvarnom vremenu, praćenje vitalnih parametara usjeva i učinkovitije upravljanje resursima te donošenje informiranih odluka. Uz sve veću dostupnost pametnih telefona, ove aplikacije postaju nezaobilazni alat za povećanje produktivnosti, smanjenje troškova i unapređenje održivosti poljoprivrede. Daljnji razvoj i integracija naprednih tehnologija poput umjetne inteligencije i interneta stvari (IoT) unutar ovih aplikacija omogućuju još veće koristi i transformaciju tradicionalne poljoprivrede u visokotehnološku industriju. Unatoč velikom broju razvijenih

poljoprivrednih mobilnih aplikacija koje olakšavaju rad poljoprivrednicima te olakšavaju praćenje usjeva važno je uočiti kako je nužna informatička pismenost i poznavanje stranog jezika za lakše rukovanje. Kod promatranih aplikacija uočava se potreba za dodatnim istraživanjem weba u svrhu detaljnije detekcije bolesti ili štetnika. Ovisno o proizvođaču aplikacije na digitalnom “tržištu” se nude različiti izbornici-”interface” koji nisu uprosječenog grafičkog sučelja što dodatno korisnicima otežava rukovanje. Promatrane aplikacije su stabilne te nude redovite nadogradnje u “pojačane” verzije što ukazuje na kvalitetnu programsku podršku koja je vrlo bitna zbog ažurnosti baze podataka.

Literatura

- Adama, A., Ee, K. P., Sahari, N., Tida, A., Shang, C. Y., Tawie, K. M., Mohamad, H. (2018)** Diagnosing black pepper pest and diseases with decision tree, *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8, 1584–1590.
- Behmann, J., Mahlein, A.-K., Rumpf, T., Römer, C., Plümer, L. (2015)** A review of advanced machine learning methods for the detection of biotic stress in precision crop protection, *Precision Agriculture*, 16, 239–260.
- Buinickaite, A. (2020)** Crop Problem Identification—Quick and Easy, Blog site: <https://blog.farmis.lt/crop-problem-identification-quick-and-easy-3be14752fd8c>.
- Čakić, S. Jovović, I. Popović, J. Popović, T. (2022).** Primjena mobilnih aplikacija u poljoprivredi, Priručnik za edukatore o primeni odabranih tehnoloških hardversko-softverskih rešenja u poljoprivredi: robotika, GIS, upotreba dronova, IoT, mobilne aplikacije, Priručnik za edukatore o primjeni odabranih tehnoloških hardversko-softverskih rješenja u poljoprivredi:IoT, GIS, robotika, upotreba dronova, mobilne aplikacije.
- Cinquemani, T., (2017).** Powdery mildew, an app helps winemakers assess the damage, *Application*.
- Ferguson, J. C., Chechetto, R. G., O'Donnell, C. C., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., Coleman, C. E., Chauhan, B.S., Adkins, S. W., Kruger, G. R., Hewitt, A. J. (2016)** Assessing a novel smartphone application—SnapCard, compared to five imaging systems to quantify droplet deposition on artificial collectors, *Computers and Electronics in Agriculture*, 128, 193–198.
- Macmillan, C. (2017)** PMapp: A Mobile App for Assessing Powdery Mildew.
- Jayme G. A. Barbedo (2018)** Factors influencing the use of deep learning for plant disease recognition, *Biosystems Engineering*, 172, 84-91.
- Korenkov, V., Balashov, N., Kutovskiy, N., Dimitrov, V., Kouzmov, K., Hristova, R., Hristov, S. (2019)** Clouds of JINR, University of Sofia and INRNE — current state of the project, *CEUR Workshop Proceedings*, 2267,248-251.
- Lekshmi Priya, S. (2019)** AI to the Rescue: How Phones are Turning into Plant Doctors for Thousands of Farmers, <https://www.thebetterindia.com/175044/india-farmer-earning-lakhs-plantix-app-crop-health/>.
- Luke, E., Beckerman, J., Sadof, C., Richmond, D., McClure, D., Hill, M., Lu, Y. *Purdue Plant Doctor App Suite*. Purdue University. <https://www.purdueplantdoctor.com/>
- Mendes, J., Pinho, T.M., Neves dos Santos, F., Sousa, J. J., Peres, E., BoaventuraCunha, J., Cunha, M., Morais, R. (2020)** Smartphone Applications Targeting Precision Agriculture Practices—A Systematic Review, *Agronomy*, 10 (6). 855.
- Mesías-Ruiz GA, Pérez-Ortiz M, Dorado J, de Castro AI, Peña JM. (2023)** Boosting precision crop protection towards agriculture 5.0 via machine learning and emerging technologies: A contextual review, *Frontiers in Plant Science*, 14, 1143326.
- Morco, R. C., Calanda, F. B., Bonilla, J. A., Corpuz, M. J. S.; Avestro, J.E., Angeles, J. M. E-Rice (2017)** An Expert System using Rule-Based Algorithm to Detect, Diagnose, and Prescribe Control Options for Rice Plant Diseases in the Philippines. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence*, Jakarta, Indonesia, 5–7 December 2017; pp. 49–54
- Pethybridge, S. J., Nelson, S. C. (2015)** Leaf Doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity, *Plant disease*, 99 (10), 1310-1316.

Petrellis, N. (2019) Plant Disease Diagnosis for Smart Phone Applications with Extensible Set of Diseases, *Applied Sciences*, 9, 1952.

Petrellis, N. (2017) A smart phone image processing application for plant disease diagnosis, 6th international conference on modern circuits and systems technologies (MOCAS), Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1-4.

Pérez-Ruiz, P. Gonzalez-de-Santos, A. Ribeiro, C. Fernandez-Quintanilla, A. Peruzzi, M. Vieri, S. Tomic, J.

Agüera (2015) Highlights and preliminary results for autonomous crop protection, *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 150-161.

Pineda Medina D, Miranda Cabrera I, de la Cruz RA, Guerra Arzuaga L, Cuello Portal S, Bianchini M. (2024) A Mobile App for Detecting Potato Crop Diseases, *Journal of Imaging*, 10 (2).47.

Plantix. The Smart Crop Assistant on Your Smartphone. Available online: <https://plantix.net/>

Shrimali, S. (2021) Plantifyai: a novel convolutional neural network based mobile application for efficient crop disease detection and treatment, *Procedia Computer Science*, 191, 469-474.

Sibiya, M, Sumbwanyambe, M. (2019) An Algorithm for Severity Estimation of Plant Leaf Diseases by the Use of Colour Threshold Image Segmentation and Fuzzy Logic Inference: A Proposed Algorithm to Update a "Leaf Doctor" Application, *AgriEngineering*, 1 (2).205-219.

Siddiqua, A., Kabir, M.A., Ferdous, T., Ali, I.B., Weston, L.A. (2022) Evaluating Plant Disease Detection Mobile Applications: Quality and Limitations, *Agronomy*, 12, 1869.

Spajić, N., (2021) Otvoreni podaci s prostornim obilježjima u Hrvatskoj korisni za sektor poljoprivrede, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

Strey, S., Strey, R., Burkert, S., Knake, P., Raetz, K., Seyffarth, K. Plant Doctor, <https://plantix.net/>

Uzhinskiy, A., Ososkov, G., Goncharov, P., Nechaevskiy, A. (2019) Multifunctional platform and mobile application for plant disease detection, In *CEUR Workshop Proceedings*, 2507, 110-114.

Vennila, S., Tomar, A., Bhatt, M. N., Murari, K., Yadav, S. K., Nisar, S., Yadav, H. L. (2018) Android based mobile apps for improved crop protection, *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, 33 (4), 301-303.

Qiang, Z.C., Kuek, C.S., Dymond, A., Esselaar, S. (2012) Mobile Application for Agriculture and Rural Development, ICT Sector Unit World Bank.

Prispjelo/Received: 2.6.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 3.7.2024.

Professional paper

Mobile applications for plant health assessment

Abstract

Current software mobile applications for determining the state of plants are presented in the paper. The softwares that are part of modern smart agriculture are presented, which enable the control of the condition of plants, that is, the current monitoring for the preservation of healthy crops with the aim of preserving resources. The presented software mobile applications use different algorithms, identification of marked suspicious areas, percentage assessment of defoliation up to the use of infrastructural clouds (cloud). By using the aforementioned mobile applications, the operator receives a high-quality assessment and prediction of diseases with suggestions for plant recovery. The use of modern technology and additional digital equipment enables high-quality plant production with multiple savings.

Key words: mobile applications, plant condition detection, plant diseases, algorithms