

IPM ADVISER: SPLETNO ORODJE ZA ISKANJE IN PRIMERJAVO SISTEMOV ZA PODPORO PRI ODLOČANJU ZA INTEGRIRANO VARSTVO RASTLIN

Jurij MARINKO¹, Bojan BLAŽICA², Marko DEBELJAK³

^{1,3} Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana

^{1,2} Institut "Jožef Stefan", Odsek za tehnologije znanja, Ljubljana

^{2,3} Institut "Jožef Stefan", Odsek za računalniške sisteme, Ljubljana

IZVLEČEK

Sistemi za podporo odločanja (SPO, ang. Decision Support Systems - DSS) za integrirano varstvo rastlin (IVR) so računalniška orodja, ki z uporabo integriranih modelov, dostopnih podatkovnih zbirk (npr. vremenskih podatkov) ter podatkov, ki jih vnese uporabnik, napovedujejo stopnjo in čas pojava tveganja za nastanek škode zaradi škodljivih organizmov. Uporabniku pomagajo pri načrtovanju časa izvedbe varstvenega ukrepa, zato se izboljša učinkovitost in zmanjša količina uporabljenih fitofarmaceutskih sredstev (FFS). Med kmeti in kmetijskimi svetovalci je uporaba tovrstnih orodij relativno slabo razširjena, med glavnimi razlogi je nedostopnost informacij o SPO za IVR. Informacije so običajno razpršene po spletnih straneh razvijalcev ali ponudnikov SPO, zato so za končnega uporabnika težko dostopne. Uporabnik zato zelo težko primerja značilnosti posameznih SPO. Za izboljšanje dostopnosti do informacij o SPO v IVR in lažjo izbiro najustrežnejšega SPO, smo razvili spletno orodje "IPM Adviser" (<https://ipmadviser.ijs.si/>), ki na prijazen način, brezplačno in brez ustvarjanja uporabniškega računa omogoča pregled, primerjavo in izbiro najustrežnejšega SPO. IPM Adviser temelji na tipologiji, ki smo jo razvili za SPO v IVR za uporabo v Evropi. Tipologija določa več kot 50 kriterijev, s katerimi smo opisali 79 SPO, ki so na voljo za IVR na območju Evrope. Kriteriji tipologije opisujejo strukturne in funkcionalne lastnosti SPO. IPM Adviser omogoča tudi primerjavo do štirih SPO po vseh opisnih kriterijih hkrati. Orodje pomembno prispeva k premagovanju ene izmed ključnih ovir pri uvajanju SPO v IVR v Evropi, to je pomanjkanje dostopnih informacij o SPO. Pridelovalcem močno olajša izbiro primernih SPO, s katerimi bodo lažje izpolnili zahteve Evropske komisije za zmanjševanje uporabe FFS ter prešli na bolj trajnostno rabo FFS.

Ključne besede: dostopnost informacij, integrirano varstvo rastlin, sistemi za podporo odločanja, sprejemanje SPO, spletno orodje

1 mag. inž. agr., Jamova cesta 39, SI-1000, Ljubljana, e-pošta: jurij.marinko@ijs.si

2 dr., prav tam

3 prof. dr., prav tam

ABSTRACT

IPM ADVISER: A WEB TOOL FOR FINDING AND COMPARING INTEGRATED PEST MANAGEMENT DECISION SUPPORT SYSTEMS

Decision support systems (DSS) for integrated pest management (IPM) are computer tools that use integrated models, available databases (e.g. weather data) and user data inputs to predict the level and timing of pest damage risk. They help the user to plan the timing of crop protection measures, inleading to improved efficiency and a reduction in the amount of plant protection products (PPPs) applied. Among farmers and farm advisors the utilisation rate of such tools is relatively low, and one of the main reasons for this is the lack of accessible information on IPM DSS. This information is usually scattered across the websites of the individual developers or DSSs and therefore difficult to find for the end user. This makes it very difficult to compare the characteristics of each DSS. To improve the accessibility of information on IPM DSS and to make it easier to select the most suitable DSS, we have developed the '*IPM Adviser*' web tool (<https://ipmadviser.ijs.si/>), that allows you to review, compare and select the most suitable DSS in a user-friendly way, free of charge and without having to create a user account. The *IPM Adviser* web tool is based on the typology that we have developed specifically for IPM DSS in Europe. The typology defines more than 50 criteria to describe the 79 DSS available for IPM in Europe. The criteria of the typology describe the structural and functional characteristics of the considered DSS. The *IPM Adviser* tool also enables the simultaneous comparison of up to four selected DSS. The tool contributes significantly to overcoming one of the main barriers to the adoption of DSS in IPM in Europe, namely the lack of access to information on IPM DSS. It makes it easier for users to select suitable DSS that help them meet the requirements of the European Commission, to reduce the use of PPP and move towards a more sustainable use of PPPs.

Key words: Decision Support Systems, DSS uptake, information availability, Integrated Pest Management, web tool

1 UVOD

Soočamo se z upadom populacij naravnih sovražnikov in naraščanjem populacij rastlinojedih žuželk (Sánchez-Bayo in Wyckhuys, 2021), z vedno večjim pritiskom škodljivih organizmov na poljščine (Bale et al., 2002), z vedno hujšimi posledicami podnebnih sprememb (Shukla et al., 2019), z vedno strožjimi zahtevami po zmanjšani rabi fitofarmaceutskih sredstev (FFS) s strani potrošnikov (Nitzko et al., 2024) ter z vedno ostrejšimi zakonodajnimi omejitvami rabe FFS (European Commision, 2022). Pridelovalec hrane, ki je ekonomsko in socialno odvisen od količine in kakovosti svojega pridelka, je zato pod vedno večjim pritiskom. Zahteve za zmanjšanje rabe FFS v vedno težjih pridelovalnih razmerah kažejo potrebo po kompromisnih rešitvah glede rabe FFS, ki predstavljajo eno od redkih, predvsem pa učinkovitih načinov zmanjševanja ali preprečevanja škode na pridelku zaradi škodljivih organizmov. S pomočjo znanja in ustrezne strokovne podpore ter z uporabo naprednih tehnologij lahko spodbudimo odgovorno rabo FFS. Raziskave dokazujejo, da zmanjšana raba FFS še

vedno zagotavlja primerljive količine in kakovost pridelka, kar ima pozitiven vpliv na ekonomiko kmetijske pridelave (Lechenet et al., 2017; Frisvold, 2018), zmanjšuje vpliv na talne organizme (Pélosi et al., 2013) in populacije naravnih sovražnikov škodljivih organizmov (Frisvold, 2018).

Ob naraščajočih družbenih in okoljskih zahtevah, vedno večji količini podatkov (npr. senzorji na modernih traktorjih, kombajnih, lastne vremenske postaje) ter drugih dostopnih informacijah, se pridelovalci soočajo z vedno večjo kompleksnostjo procesa odločanja o upravljanju pridelave poljščin. Za pomoč kmetom pri vedno zahtevnejšem iskanju optimalnih ukrepov, se vedno bolj uporabljajo učinkovita računalniška orodja imenovana sistemi za podporo pri odločanju (SPO, *Ang. Decision Support Systems – DSS*). To so orodja, ki s pomočjo znanja, odločitvenih modelov, podatkovnih zbirk in informacij, ki jih v SPO vnese uporabnik, pomagajo pri sprejemanju kompleksnih odločitev o obravnavanem problemu. Za uporabo v kmetijstvu je razvitih veliko SPO, ki naslavljajo najrazličnejše probleme, povezane z npr. obvladovanjem škodljivcev, boleznih in plevelov, namakanjem, zmanjšanjem onesnaževanja vode in tal, dostopom do trgov, itd.

Tudi za uporabo v integriranem varstvu rastlin (IVR) je na voljo veliko SPO (Mahman et al., 2003; Tamayo et al., 2010; Steffek et al., 2011; Adinarayana et al., 2012; Damos 2015; Marić et al., 2016; Sciarretta et al., 2019), ki zagotavljajo zanesljivo in učinkovito podporo pri obvladovanju škodljivih organizmov (Demirel in Kumral 2021; Lázaro et al. 2021; Maraveas 2023). Razlikujejo se glede na probleme, ki jih naslavljajo, lokacije uporabe, vstopne podatke, infrastrukturne zahteve itd. Njihova uporaba je med kmeti in kmetijskimi svetovalci še vedno relativno slabo razširjena (Gent et al. 2013; Rose et al. 2018; Marinko et al., 2023). V raziskavi, ki je potekala v 12 Evropskih državah, smo z anketiranjem kmetov in kmetijskih svetovalcev ugotovili, da je med ključnimi ovirami za večjo uporabo SPO pomanjkanje dostopa do informacij o SPO (Marinko et al., 2023).

Z namenom izboljšanja informiranosti uporabnikov o SPO smo razvili tipologijo SPO za uporabo v IVR v Evropi, s pomočjo katere smo standardizirali opise teh orodji. Razvito tipologijo smo implementirali v spletno orodje IPM Adviser (<https://ipmadviser.ijs.si/>), ki na uporabniku prijazen način omogoča dostop do informacij o SPO v IVR v Evropi ter njihovo primerjavo.

2.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Identifikacija problema

Po pregledu strokovne literature in spleta smo ugotovili, da orodje, ki na enem mestu ponuja sistematično zbrane informacije o razvitih SPO za uporabo v IVR, še ni razvito in dostopno. Pri razvoju spletnega orodja IPM Adviser smo se osredotočili na upoštevanje ključnih ovir za uporabo SPO v IVR med kmeti in kmetijskimi svetovalci ki so bile odkrite s pomočjo ankete, izvedene v 12-ih Evropskih državah (Marinko et al., 2023). Pri analizi podatkov so bile države razdeljene v tri regije, ki ustrezajo okoljski raznolikosti Evrope (Metzger et al., 2005): atlantska-severna Evropa, celinska-srednja Evropa in sredozemska-južna Evropa. Ključne ovire, ki so skupne vsem regijam, so

pomanjkanje dostopnosti informacij o SPO, pomanjkanje zaupanja v SPO ter občutek udeležencev ankete, da za uporabo tovrstnih orodji potrebujejo dodatno izobraževanje na področju informacijskih tehnologij (IT). V centralni Evropi so kmetje dodatno izpostavili, da se jim zdijo SPO preveč kompleksni, zato želijo, da bi bili ti sistemi bolj enostavni za uporabo. Opozorili so tudi na ovire cenovne dostopnosti SPO. Anketiranci so poudarili še druge, regijsko specifične ovire pri uporabi SPO, ki smo jih upoštevali med razvojem orodja IPM Adviser.

2.2 Prepoznavanje potreb potencialnih uporabnikov

Določitev funkcionalnosti orodja IPM Adviser je potekala tako, da smo najprej določili cilje, ki jih želimo z orodjem doseči. To smo naredili s pomočjo strukturiranega vprašalnika, ki nam je pomagal določiti ciljne uporabnike orodja in njihov namen uporabe, vsebine informacij, ki potekajo med uporabnikom in orodjem, splošne informacije o SPO, ki so zanimive tako za začetnike kot naprednejše uporabnike ter specifične informacije o SPO za naprednejše uporabnike. Pri razvoju posameznih funkcionalnosti smo pazili, da naslavljajo vse ovire za uporabo SPO, opisane v poglavju 2.1. Razvojne rešitve, ki naslavljajo posamezne ovire, so podrobneje opisane v spodnjih podpoglavjih.

2.2.1 Pomanjkanje dostopnosti informacij o SPO

Glavna prepoznana ovira, na osnovi katere smo zasnovali orodje IPM Adviser, je pomanjkanje dostopnosti do informacij o SPO, ki so razpršene po spletnih straneh razvijalcev ali ponudnikov SPO. Znanstvena in strokovna literatura o SPO v IVR njihovega opisa ne podaja na enoten in sistematičen način, temveč so strukture opisov prilagojene specifikam raziskovalnih ciljev ali temam preglednih člankov, ki pa so pogosto omejene s številom opisanih lastnosti orodji. Primerjave orodji so zato težko izvedljive. Da bi odpravili to pomanjkljivost, smo orodje IPM Adviser zasnovali tako, da so informacije o SPO zbrane na enoten in sistematiziran način, ter da so dostopne brezplačno in brez ustvarjanja uporabniškega računa. S tem želimo zagotoviti poenoten in enostaven dostop do informacij o posameznih SPO, ki zagotavlja tudi primerljivost med njimi. Podobnosti in razlike med primerjanimi orodji uporabniku močno pomagajo pri izboru najustrežnejšega SPO za njegov odločitveni problem.

2.2.2 Pomanjkanje zaupanja v SPO

Rezultati ankete (Marinko et al., 2023) so pokazali, da je skupna ovira za uporabo SPO med evropskimi kmeti pomanjkanje zaupanja v SPO. V želji po povečanju zaupanja v tovrstna orodja smo v orodje IPM Adviser vključili funkcionalnosti, ki pripomorejo k boljšemu informiranju o lastnostih, ki so pomembne za zaupanje v rezultate posameznih SPO. Glavna tovrstna funkcionalnost je možnost primerjave različnih SPO po vseh opisnih kriterijih, ki vključujejo podatke, ki uporabniku pomagajo zgraditi zaupanje v izbran SPO. Primer takšnih podatkov so: Podatki o lastniku SPO, o validaciji SPO ter podatki o dostopnosti strokovne literature o delovanju ali uporabi SPO.

Dolgoročno transparentnost in verodostojnost opisanih podatkov smo zagotovili z metodologijo posodabljanja obstoječih opisov in dodajanja novih opisov SPO. Mnoga orodja so namreč tržna in zato lahko podvržena lažnemu oglaševanju z namenom privabljanja uporabnikov. Posodabljanje podatkov oziroma opis novega DSS zato

poteka v dveh korakih. V prvem koraku uporabnik preko kontaktnega obrazca sporoči katere podatke želi posodobiti oziroma kater SPO želi vpisati ter svoje kontaktne podatke. V drugem koraku preko e-sporočil ali video klica pobudnik dokaže, da je sprememba podatkov potrebna oziroma skupaj s pobudnikom opišemo SPO po vseh kriterijih razvite tipologije. Po preverjanju sledi vpis posodobljenih podatkov oziroma vpis novega SPO.

2.2.3 Občutek, da za uporabo tovrstnih orodji potrebujejo dodatno izobraževanje na področju informacijskih tehnologij (IT) ter prevelika kompleksnost SPO in zahteva za njihovo enostavnejšo uporabo


Da bi uporabniku zagotovili pozitivno uporabniško izkušnjo in s tem enostavnejšo uporabo, smo veliko pozornost namenili oblikovanju uporabniškega vmesnika orodja IPM Adviser. Hitro iskanje (*Ang. Quick search*) omogoča tudi računalniško manj izkušenim uporabnikom hiter dostop do zelenih rezultatov (SPO z izbranimi lastnostmi). Uporabniki imajo možnost, da pridobijo tudi veliko bolj podrobne informacije o SPO, ki izpolnjujejo njihove začetne kriterije iskanja. Poleg tega lahko na strani s prikazanimi rezultati prikaz rezultatov še natančneje opredelijo z izbiro ustreznih kriterijev in na ta način zožijo nabor SPO, ki se najbolj prilagajajo njihovim specifičnim zahtevam.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA


Orodje IPM Adviser (<https://ipmadviser.ijs.si/>) je trenutno na voljo le v angleškem jeziku. Namenjeno je pomoči kmetom, kmetijskim svetovalcem, raziskovalcem in razvijalcem SPO pri iskanju in primerjavi informacij o SPO za uporabo v IVR. Orodje trenutno vsebuje 79 SPO, ki so opisani z enakim naborom več kot 50-ih iskalnih kriterijev, določenih s tipologijo SPO za IVR (*Ang. IPM-DSS typology*) (Marinko et al., 2024). To poleg enotnega načina opisa SPO omogoča tudi primerjave med SPO na osnovi istih kriterijev in to kljub veliki raznolikosti SPO.

3.1 Orodje prilagojeno potrebam in predznanju potencialnih uporabnikov

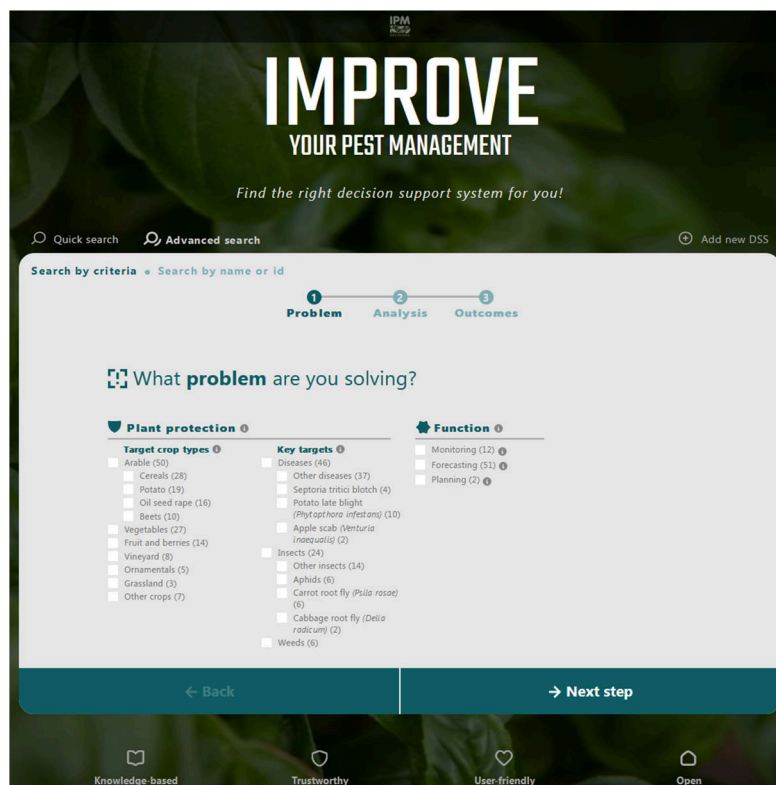
Ko uporabnik odpre IPM Adviser, ima možnost takojšnjega hitrega iskanja (*Ang. Quick search*) SPO, na voljo so tudi gumbi za napredno iskanje, dodajanje novega SPO ter iskanje po vseh kriterijih tipologije za opis SPO v IVR.

Hitro iskanje je podano v enostavni enovrstični obliki, kjer so z eno besedo izpostavljeni štirje kriteriji izbire: »država«, kjer bo uporabnik uporabil SPO, »kulturna rastlina« in »škodljiv organizem«, za katere uporabnik išče SPO, ter »jezik« v katerem želi uporabnik komunicirati s SPO. Opis posameznega iskalnega kriterija se izpiše s klikom na ikono .

Za zahtevnejše uporabnike je na voljo napredno iskanje (*Ang. Advanced search*) (Slika 1). V tem načinu iskanja IPM Adviser uporabnika vodi skozi tri sklope kriterijev izbire, ki so definirani s tipologijo: (i) problem, (ii) analiza in (iii) rezultati. Uporabniku omogoča prijazen in razumljiv način izbire kriterijev, s pomočjo katerih lahko omeji nabor prikazanih rezultatov (t.j. nabor SPO z izbranimi karakteristikami). Podrobnejši

opisi iskalnih kriterijev so dostopni s klikom na ikono , navedeno nad posameznimi kriteriji izbire. S tem načinom posredovanja dodatnih informacij se želimo izogniti možnosti, da bi uporabnik napačno razumel pomen kriterijev.

V naslednjih podglavjih so opisane naše strukturne in tehnične rešitve ki naslavlajo posamezne prepoznane ovire pri sprejemu SPO v IVR med kmeti in kmetijskimi svetovalci v Evropi, ki so opisane v poglavjih 2.2.1-2.2.3.



2!

Slika 1: V prvem koraku naprednega iskanja v spletnem orodju IPM Adviser vnesemo iskalne kriterije, ki se nanašajo na problem, ki ga želimo rešiti s pomočjo SPO (vir: <https://ipmadviser.ijs.si/>).

3.1.1 Informacije o SPO

Na strani z rezultati so pri vsakem SPO izpisane njihove osnovne lastnosti. To so ime SPO, država, kjer je bil razvit, regija v Evropi, v kateri lahko uporabljamo SPO brez ali z manjšimi prilagoditvami, škodljivi organizem in kulturna rastlina, za katero je SPO razvit, jezik v katerem uporabnik komunicira z SPO, plačljivost ter datum zadnje posodobitve opisnih podatkov SPO. Pri vsakem izmed izpisanih SPO je možno klikniti na gumb podrobnosti (*Ang. Details*), kjer so izpisani vsi tipološki podatki o SPO.

Posamezne SPO je mogoče označiti za medsebojno primerjavo (*Ang. Comparison*). Uporabnik lahko hkrati primerja do štiri SPO, pri čemer orodje omogoča označevanje podobnosti ali razlik med SPO, ki so v primerjavi.

Pri vseh SPO, ki so dostopni preko spleta, se nahaja tudi gumb s povezavo do spletne strani ponudnika ali lastnika SPO, kjer uporabnik dobi podrobnejšo predstavitev in opis orodja ter navodila za njegovo uporabo. Poleg nekaterih SPO je dodan tudi gumb, ki pove, da je SPO vključen v IPM Decisions platformo (*Ang. Available on IPM Decisions platform*) (<https://www.platform.ipmdecisions.net/>). S klikom na ta gumb uporabnik dobi podroben tekstovni opis SPO in povezavo do IPM Decisions platforme. Platforma je bila razvita v sklopu evropskega projekta IPM Decisions (<https://www.ipmdecisions.net/>) in omogoča enostaven dostop do uporabe vključenih SPO za IVR, ne omogoča pa dostopa do opisov njihovih značilnosti. IPM Adviser in platforma IPM Decisions se glede funkcionalnosti povsem razlikujeta, glede podpore uporabniku z informacijami, ki so pomembne za učinkovito uporabo SPO v IVR, pa se med seboj močno dopolnjujeta.

3.1.2 Zaupanje v SPO

Spletno orodje IPM Adviser je razvito na javni raziskovalni instituciji in je nekomercialno, zato so opisi vključenih SPO nepristranski. Eden izmed opisnih kriterijev je tudi informacija o načinu zajema vremenskih podatkov, ki je za zaupanje uporabnikov v rezultate SPO zelo pomembna. Orodje IPM Adviser omogoča tudi dostop do informacij o državah, kjer je bil posamezen SPO validiran in, ali je na voljo znanstvena literatura, ki potrjuje zanesljivost napovedi SPO. Ti podatki močno prispevajo k zaupanju uporabnikov do informacij o SPO in posredno tudi zaupanju v izbrane SPO. Pomembna podpora zaupanju je tudi posodabljanje opisov vključenih SPO in vključevanje novih SPO, kjer imajo uporabniki možnost aktivnega sodelovanja. Razvita orodja se nenehno nadgrajujejo, zato je za zaupanje uporabnikov pomembno, da so o tem obveščeni in da so posredovane informacije ažurne. Ker so nekateri SPO razviti v komercialne namene, bi ažurirane informacije lahko bile namenjene pridobivanju novih uporabnikov in bile zato zavajajoče ter netočne. V izogib temu smo v orodje IPM Adviser vgradili preverjanje kvalitete podatkov za posodabljanje opisov SPO ali dodajanja novih, kar poteka dvostopenjsko. Prvi korak je obvestilo o novih opisnih podatkih, ki se ga skrbnikom IPM Adviser pošlje preko kontaktnega obrazca. Sledi mu preverjanje verodostojnosti novih informacij, ki poteka preko videoklica ali e-pošte, med skrbnikom IPM Adviser-ja in osebo, ki bi rada ažurirala podatke oz. v sistem vključila nov SPO.

3.1.3 Dostopnost SPO

Plačljivosti SPO je za mnoge uporabnike ključni kriterij pri sprejemanju odločitve ali bodo SPO uporabljali ali ne. To informacijo smo uvrstili med pomembnejše osnovne podatke o SPO zato je vključena v osnovni prikaz njegovih značilnosti. Informacija o plačljivosti je opredeljena s tremi kategorijami: brezplačno (*Ang. Free*), omejeno (*Ang.*

Limited) ali plačljivo (*Ang. Not free*). Uporabniki lahko v naprednem iskalniku ali med filtri iskanja, ki so prikazanimi na levi strani zaslona z izpisanimi rezultati, kriterij plačljivosti izberejo kot iskalni kriterij in tako omogočijo izpis samo brezplačnih, samo omejenih ali samo plačljivih SPO. Na dan 18.1.2024 je med 79 opisanimi SPO, 31 (39%) SPO na voljo brezplačno, dodatnih 27 SPO (34%) pa ima na voljo brezplačno različico.

4 SKLEPI

Z razvojem orodja IPM Adviser smo uspešno naslovili ključne ovire za uporabo SPO. V IPM Adviser je trenutno vključenih 79 opisov SPO za IVR, ki so razviti za uporabo v Evropi. Uporabnikom smo omogočili strukturiran, enostaven in brezplačen dostop do ključnih uporabniških informacij o značilnostih SPO, omogočili smo jim tudi primerjave med njimi. Z metodološkega vidika predlagana tipologija in njena implementacija uvajata v IPM Adviser nov standardiziran protokol za njihovo opisovanje in klasificiranje SPO v IVR. Z vidika funkcionalnosti nudi orodje IPM Adviser veliko podporo tudi razvijalcem SPO, saj jim pomaga pri oblikovanju novih razvojnih ciljev. Kmetom in kmetijskim svetovalcem omogoča enostaven dostop do informacij o obstoječih SZO v IVR in veliko spodbudo za uporabo teh orodij pri njihovem delu. Sprejemanje kompleksnih odločitev o rabi FFS s pomočjo SPO je lažje, bolj argumentirano in pravilnejše, zato bodo cilji evropskega zelenega dogovora o trajnostni uporabi FFS postali lažje dosegljivi. Celostni pristop k odpravljanju ovir pri uporabi SPO v IVR bo imel tudi velik doprinos k digitalizaciji agronomije in lažjemu prehodu v trajnostno kmetijstvo.

5 ZAHVALA

Spletno orodje "*IPM Adviser*" je bilo razvito v okviru evropskega raziskovalnega projekta IPM Decisions (pogodba o financiranju 817617) in podprto s strani Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) (P2-0103). Hvala Petru Novaku za urejanje grafične podobe orodja IPM Adviser in Jaki Cerarju za razvoj programske opreme.

6 LITERATURA

- Adinarayana, J., Sudharsan, D., Tripathy, A. K., Sawant, S., Merchant, S. N., Desai, U. B., & Kiura, T. 2012, August. GEOSENSE: an information communication and dissemination system for decision support in precision farming. In *Third National Conference on Agro-Informatics and Precision Agriculture*.
- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., ... & Whittaker, J. B. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global change biology*, 8(1), 1-16. doi: 10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
- Damos, P. 2015. Modular structure of web-based decision support systems for integrated pest management. A review. *Agronomy for sustainable development*, 35(4), 1347-1372. doi: 10.1007/s13593-015-0319-9.
- Demirel, M., & Kumral, N. A. 2021. Artificial intelligence in integrated pest management. In *Artificial Intelligence and IoT-Based Technologies for Sustainable Farming and Smart Agriculture* (pp. 289-313): IGI Global.

- European Commission. 2022. Proposal for a regulation of the European parliament and of the Council on the sustainable use of plant protection products and amending Regulation (EU) 2021/2115, COM (2022) 305 final.
- Frisvold, G. B. 2019. How low can you go? Estimating impacts of reduced pesticide use. *Pest Management Science*, 75(5), 1223-1233. doi: 10.1002/ps.5249
- Gent, D. H., Mahaffee, W. F., McRoberts, N., & Pfender, W. F. 2013. The use and role of predictive systems in disease management. *Annual review of phytopathology*, 51.
- Lázaro, E., Makowski, D., & Vicent, A. 2021. Decision support systems halve fungicide use compared to calendar-based strategies without increasing disease risk. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 224. doi: 10.1038/s43247-021-00291-8.
- Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G., Makowski, D., & Munier-Jolain, N. 2017. Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature plants*, 3(3), 1-6. Doi: 10.1038/nplants.2017.8
- Mahaman, B. D., Passam, H. C., Sideridis, A. B., & Yialouris, C. P. 2003. DIARES-IPM: a diagnostic advisory rule-based expert system for integrated pest management in Solanaceous crop systems. *Agricultural Systems*, 76(3), 1119-1135. doi: 10.1016/s0308-521x(02)00187-7.
- Maraveas, C. 2023. Incorporating Artificial Intelligence Technology in Smart Greenhouses: Current State of the Art. *Applied Sciences*, 13(1), 14. doi:10.3390/app13010014. 44
- Marić, M., Orović, I., & Stanković, S. 2016, May. Compressive Sensing based image processing in TrapView pest monitoring system. In *2016 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 508-512). IEEE.
- Marinko, J.; Ivanovska, A.; Marzidovšek, M.; Ramsden, M.; Debeljak, M. 2023. Incentives and barriers to adoption of decision support systems in integrated pest management among farmers and farm advisors in Europe. *International Journal of Pest Management*, 1-18, doi:10.1080/09670874.2023.2244912.
- Marinko, J.; Blažica, B.; Jørgensen, L. N.; Matzen, N.; Ramsden, M. W.; Debeljak, M. 2024. Typology for Decision Support Systems in Integrated Pest Management and Its Implementation as a Web Application. *Agronomy*. 2024; 14(3):485. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030485>
- Nitzko, S., Bahrs, E., & Spiller, A. 2024. Consumer willingness to pay for pesticide-free food products with different processing degrees: Does additional information on cultivation have an influence? *Farming System*, 2(1), 100059. doi: 10.1016/j.farsys.2023.100059
- Pélosi, C., Toutous, L., Chiron, F., Dubs, F., Hedde, M., Muratet, A., . . . Makowski, D. 2013. Reduction of pesticide use can increase earthworm populations in wheat crops in a European temperate region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181, 223-230. doi: 10.1016/j.agee.2013.10.003
- Rose, D. C., Parker, C., Fodery, J., Park, C., Sutherland, W. J., & Dicks, L. V. 2018. Involving stakeholders in agricultural decision support systems: Improving user-centred design. *International Journal of Agricultural Management*, 6(1029-2019-924), 80-89.
- Sciarretta, A., Tabilio, M. R., Amore, A., Colacci, M., Miranda, M. Á., Nestel, D., ... & Trematerra, P. 2019. Defining and evaluating a decision support System (DSS) for the precise pest management of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata*, at the farm level. *Agronomy*, 9(10), 608. doi: 10.3390/agronomy9100608.
- Shukla, P. R., Skeg, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D., . . . Van Diemen, S. 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Steffek, R., Reizenzein, H., Strauss, G., Leichtfried, T., Hofrichter, J., Kopacka, I., ... & Alt, R. 2011. VitisCLIM, a project modelling epidemiology and economic impact of grapevine 'flavescence doree' phytoplasma in Austrian viticulture under a climate change scenario. *Bulletin of Insectology*, 64(1), S191-S192.
- Tamayo, R. A. C., Ibarra, M. L., & Macías, J. A. G. 2010, September. Better crop management with decision support systems based on wireless sensor networks. In *2010 7th International Conference on Electrical Engineering Computing Science and Automatic Control* (pp. 412-417). IEEE.