

Izvještaj o aktivnostima diseminacije i suradnje

Revizija 1

31. svibnja 2019.

LARICS – FER - UNIZG

**Matko Orsag, Ivana Mikolić, Antun Ivanović,
Marsela Polić**

Sažetak

Ovim izvještajem su obuhvaćene sve diseminacijske aktivnosti projekta i aktivnosti usavršavanja poduzete unutar prve godine projekta (M1-M12). Unutar prve godine projekta prihvaćena su dva članka na konferencijama iz područja upravljanja bespilotnom letjelicom s manipulatorom, odnosno cilja **O.4** projekta. Pri tome je rad [1] predstavljen na jednoj od dvije najistaknutije robotičke konferencije: International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Rad [2] prihvaćen je za objavljivanje i predstaviti će se na konferenciji The 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, specijaliziranoj za bespilotne letjelice.

Radom [3] znanstvenoj zajednici predstavljen je projekt Specularia kao cjelina, s posebnim naglaskom na manipulaciju biljkama, odnosno naglaskom na cilju **O.5** projekta. Rad [3] predstavljen je u sklopu radionice IEEE/RSJ International Workshop RoboTac: New Progress in Tactile Perception and Learning in Robotics u sklopu istaknute robotičke konferencije IROS 2018.

Ovim prihvaćenim i objavljenim radovima uspješno su provedene istraživačke aktivnosti projekta, odnosno točke provjere **M1.1**, **M1.2** te **M2.1b**. U svrhu boljeg upravljanja znanstvenim aktivnostima u prvom kvartilu projekta sastavljen je plan objave na konferencijama i u časopisima za prve dvije godine projekta, koji je priložen u tablici. Ovime je uspješno ostvarena **MO.1a** točka provjere projekta.

Tablica 1 Tablica očekivanih znanstvenih rezultata napravljena prema kalendarskoj godini. Oznaka C predstavlja članke objavljene na konferencijama, dok oznaka J predstavlja članke koji se planiraju prijaviti u časopise.

Cilj projekta	Kvartal (kal. god.)	Tip	(RADNI) Naslov	Status
O.4	III 2018	C	Impedance Based Force Control for Aerial Robot Peg-in-Hole Insertion Tasks [1]	Obranjen
O.5	III 2018	C	SpECULARIA - Structured Ecological CULTivation with Autonomous Robots in Indoor Agriculture [3]	Obranjen
O.4	I 2019	C	Centroid vectoring control using aerial manipulator: Experimental results [2]	Prihvaćen
O.5	I 2019	J	Convolutional autoencoder for feature extraction in tactile sensing	Predan
O.4	IV 2019	C	Constrained trajectory planning and interaction control for aerial robots	Planiran
O.5	I 2020	C	Tactile exploration using soft sensing technologies	Planiran

Pored gore navedenih znanstvenih radova aktivnosti projekta predstavljene su na brojnim domaćim i međunarodnim skupovima i sajmovima, u sklopu pozvanih predavanja i izlaganja na štandovima. Svi navedeni događaji kronološki su popisani i opisani u nastavku izvještaja. U ovom sažetku valja istaknuti da je ostvarena izrazito visoka vidljivost projekta u akademskoj i široj zajednici, pri čemu je održano 6 pozvanih predavanja, jedna panel diskusija, dva predstavljanja opreme na sajmovima, te jednom

humanitarnom akcijom. Posebno se ističe sudjelovanje na najvažnijem sajmu robotike u Europi: European Robotics Forum na kojem su održana dva pozvana predavanja, a projekt je dodatno predstavljen i izlaganjem na štandu. Skup je uspješno završio načelnim dogovorom sa Biosense centrom oko buduće prijave projekta na EU natječaje, što povećava potencijal za novonastale suradnje. Provedbom navedenih aktivnosti diseminacije u znanstvenoj i široj zajednici uspješno su ostvarene točke provjere **M1.1 te M1.2**. Dodatno putem stranice projekta specularia.fer.hr uspješno su ostvarene točke provjere **M2.1a i M2.1c**.

Sudjelovanje na “*West Point Summer Workshop 2018*” dodatno su ostvarene komponente točaka provjere **M1.1, M1.2 te M2.1b** koje se odnose na aktivnosti umrežavanja. Uspješnom provedbom ove aktivnosti ostvareni su temelji za predaju projekta „Mission Composer for Heterogeneous Robotic Swarms” na kontinuirano otvoreni poziv Army Research Office (ARO) Network Science and Intelligence Systems Program. Više o ovom posjetu, kao i znanstvenim rezultatima istog može se pronaći u nastavku teksta. U prilog uspješno provedenoj aktivnosti umrežavanja govori načelni dogovor s Biosense centrom oko buduće prijave projekta na EU natječaje.

Vizualni identitet projekta

Kako bi se postigla prepoznatljivost projekta, osmišljen je vizualni identitet projekta koji se sastoji od:

1. Logotip projekta

LOGOTIP - OBOJENI



LOGOTIP - JEDNOBOJAN



LOGOTIP - JEDNOBOJAN NEGATIV



2. Poster projekta za predstavljanje na sajmovima, konferencijama, izložbama



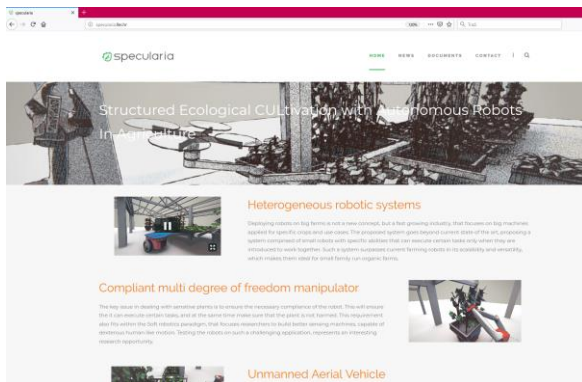
3. Obrazac za izvještavanje

Za sastavljanje izvještaja je pripremljen obrazac kako bi svi bili napisani u istoj formi. Ovaj izvještaj služi kao primjer obrasca.

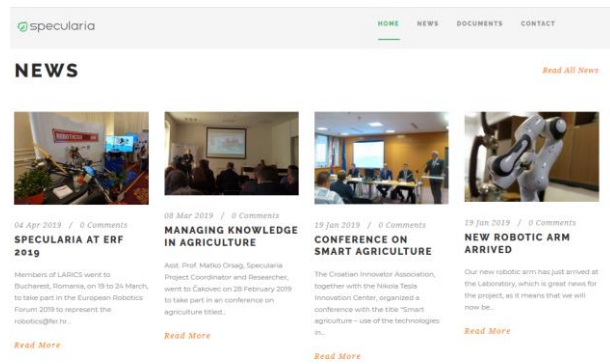
Internetska stranica projekta

Za projekt Specularia je otvorena internetska stranica na adresi <http://specularia.fer.hr/> s ciljem informiranja znanstvene zajednice i javnosti o tijeku i rezultatima projekta.

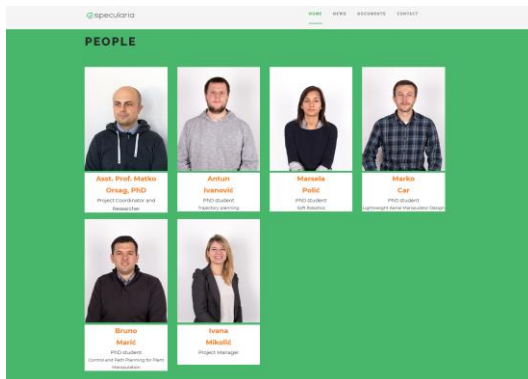
Internetska stranica je organizirana prema sljedećim skupinama:



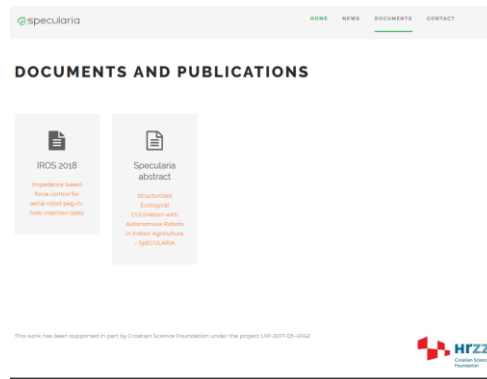
Opis projekta



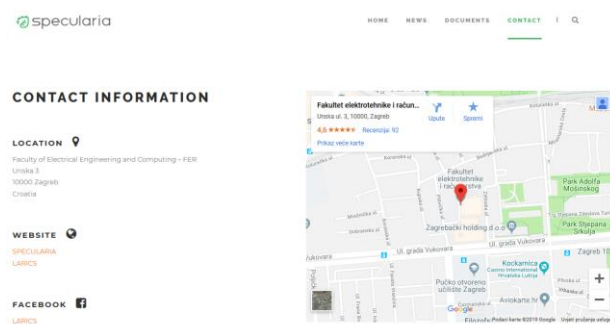
Vijesti sa svim dostignućima projekta



Članovi istraživačkog tima



Javno dostupni dokumenti projekta



Kontakt informacije

Kronološki popis diseminacijskih aktivnosti



24^{APR} PANEL - BUDUĆNOST POLJOPRIVREDE U EU

Matko Orsag pozvan je kao govornik na panel diskusiji pod nazivom "Budućnost poljoprivrede u EU" koju organizira Ekonomska klinika u sklopu konferencije "Moje glas u EU", održane 24. i 25. travnja 2019. u Zagrebu. Zajedno s drugim govornicima na panel diskusiji govorio je o svom istraživačkom području, posebno o projektu Specularia i primjeni robotike u poljoprivredi, kao i o budućim planovima, trendovima i očekivanjima u poljoprivrednim znanostima i praktičnim primjenama robotike.



11^{APR} ZAGREB ENERGY CONGRESS 2019

Matko Orsag sudjelovao je na zagrebačkom Energetskom kongresu - ZEC 2019, u organizaciji Studentskog ogranka IEEE Sveučilišta u Zagrebu od 10. do 14. travnja 2019. godine na našem Fakultetu. On je održao predavanje pod nazivom "Roboti u službi ljudske vrste" tijekom Akademije na dan događaja i rekao je prisutnim studentima i slušateljima što roboti rade za ljude i što bi potencijalno mogli učiniti u budućnosti, posebno u vezi s poljoprivredom i projekta Specularia, ali i u odnosu na energetski sektor.



26- DRONEDAYS 2019

27_{MAR}

Prvo izdanje naše dvodnevne radionice DroneDays, održane na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu 26. i 27. ožujka 2019. godine, bio je veliki uspjeh i premašio sva naša očekivanja. U sklopu događaja projekt SPECULARIA predstavljen je kao dio izložbenog štanda. Pri tome su članovi tima Specularia predstavili robotsku ruku Franka, odnosno bespilotnu letjelicu s manipulatorom koje se koriste u sklopu projekta.



24_{MAR} EUROPEAN ROBOTICS FORUM 2019

Članovi LARICS-a sudjelovali su na Europskom forumu robotike 2019. kako bi predstavili robotics@fer.hr, koji uključuje tri laboratorija za robotiku sa Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu: LARICS, LABUST i LAMOR. Tamo su sudjelovali u predavanjima i radionicama, predstavili svoj rad i neke od robota laboratorija i približili svoj rad javnosti i robotičkoj zajednici. Specularia je bio jedan od projekata koji je predstavljen u sklopu izložbenog štanda na Forumu. Doc. Matko Orsag održao je predavanja na dvije radionice: prva radionica bila je radionica zračne robotike gdje je predstavio najnovije rezultate istraživanja u području zračne robotike. Druga radionica bila je radionica Poljoprivredna robotika, na kojoj je predstavljen projekt Specularia.



28^{FEB} UPRAVLJANJE ZNANJEM U POLJOPRIVREDI

Doc. Matko Orsag, otputovao je u Čakovec 28. veljače 2019. kako bi sudjelovao na konferenciji o poljoprivredi pod nazivom "Upravljanje znanjem u poljoprivredi". U sklopu konferencije održao je pozvano predavanje kojim je predstavio projekt, kao i njegovu važnost za potencijalne korisnike. Bilo je govora i o upotrebi robotike u poljoprivredi općenito odnosno o njezinom potencijalnom utjecaju i upotrebi u ovom području gospodarstva i svakodnevnog života.



19^{DEC} BOŽIĆNI SAJAM 2018

U srijedu, 19. prosinca, održan je skup za prikupljanje sredstava za Udrugu autizma Zagreb, gdje su roboti iz našeg Laboratorija radili zajedno kako bi poslužili posjetitelje čokoladnim vaflima, kolačićima i čajem ili kuhanim vinom. Ovaj uzbudljivi događaj posjetilo je više od 2000 ljudi, a odneseno je i posluženo oko 700 narudžbi, što je rezultiralo nevjerojatnom količinom od preko 13 tisuća kuna u donacijama, a sve je donirano Udruzi za autizam Zagreb. Čitav ovaj događaj organiziran je na dobrovoljnoj bazi članova laboratorija, koji su zainteresiranoj javnosti ispričali više detalja o projektima na kojima rade uključujući i projekt SPECULARIA.



15^{DEC} B:IT.CON 2018

U sklopu pozvanog predavanja članovi laboratorija Matko i Frano pričali su o svojoj viziji i iskustvima u tome kako roboti i robotski sustavi mogu pomoći ljudima i poboljšati njihovu kvalitetu života. Glavne točke predavanja bili su projekti SPECULARIA i ADORE.



18^{OCT} PAMETNA POLJOPRIVREDA

Udruga hrvatskih inovatora, zajedno s Inovacijskim centrom Nikola Tesla, organizirala je 18. listopada 2018. godine konferenciju pod nazivom „Pametna poljoprivreda - korištenje tehnologija u poljoprivredi“. Na konferenciji je sudjelovao Matko Orsag prezentacijom „Autonomni roboti u stakleničkom uzgoju“, prezentirajući nove ideje i koncepte koje je razvio i radio kao dio projekta Specularia i istraživanja LARICS-a.



1- 5^{OCT} 2018 IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS

Članovi tima otišli su u Madrid kako bi prisustvovali drugoj međunarodnoj konferenciji o inteligentnim robotima i sustavima (IROS) kako bi predstavili svoje radove, projekt SPECULARIA i laboratorij. Članovi LARICS-a bili su u Španjolskoj od 1. do 5. listopada i aktivno sudjelovali na konferenciji. Marsela Polić sudjelovala je na radionici „IEEE/RSJ International Workshop RoboTac: New Progress in Tactile Perception and Learning in Robotics“ gdje je predstavila rad. U sklopu konferencije Antun je predstavio prihvaćeni članak pod naslovom: “Impedance based force control for aerial robot peg-in-hole insertion tasks”.



19- THE 26TH 22^{JUN} MEDITERRANEAN CONFERENCE ON CONTROL AND AUTOMATION

Članovi tima u Zadru su sudjelovali u organizaciji međunarodne konferencije MED 2018. Pri tome su predstavili svoje radove, projekte i laboratorij. Projekt Specularia predstavljen je posterom kao jedan od novih projekata koji se aktivno provode na Fakultetu Elektrotehnike i Računarstva Sveučilišta u Zagrebu. Ovo je ujedno bilo i prvo javno predstavljanje projekta.

Sudjelovanje na radionici:

Suradnja između robota dugo je predmet istraživanja u robotici, ali u većini slučajeva izvedena je za homogeni robotski sustav koji se sastoji od identičnih jedinki. Glavna ideja sudjelovanja na radionici bila je istražiti mogućnost suradnje heterogenog robotskog sustava, između zračnog i zemaljskog robota, na primjeru zajedničkog prenošenja predmeta.



Slika 1 Slika s organizatorima radionice i heterogenim robotskim sustavom

Roboti i oprema

U sklopu radionice korišteni su roboti i oprema koju je osigurao sam Centar. Kako bi se navedeni zadatak mogao izvesti, na zračni robot pričvršćen je manipulator kako bi mogao imati interakciju s okolinom.

Zračni robot s manipulatorom

Korišten je zračni robot tipa *hexacopter*, letjelica sa šest pogonskih rotora, Slika 2. Letjelica se sastoji od okvira DJI F550, šest DJI 2312E pogonskih motora, šest 430 Lite ESC modula za upravljanje motorima te šest 9-inčnih propelera. Upravljanje kutom i kutnom brzinom izvedeno je na autopilotu *Pixhawk*

koristeći standardnu programsku podršku. Upravljanje pozicijom i brzinom letjelice izvedeno je na *Gigabyte Brix* ugradbenom računalu pričvršćenom na tijelo letjelice.

S donje strane tijela letjelice pričvršćen je manipulator izrađen u sklopu radionice. Manipulator ima pet stupnjeva slobode, a za upravljanje pozicijom zglobova korišteni su *Dynamixel XH430-W350-T* servo motori. Članci manipulatora izrađeni su metodom 3D ispisa. DH parametri manipulatora dani su u Tablici 1.

Zglob \ Parametar	θ	d	α	a
q_1	$\pi/2$	0	0	0.1225
q_2	0	0	$-\pi/2$	0.1365
q_3	0	0	0	0.0755
q_4	0	0	$-\pi/2$	0.0725
q_5	$-\pi/2$	0	0	0

Tablica 2 DH Parametri manipulatora



Slika 2 Letjelica s okvirom DJI F550 opremljena autopilotom Pixhawk, računalom te manipulatorom

Zemaljsko vozilo

Vozilo korišteno u eksperimentima bilo je GVR-Bot koji proizvodi kompanija TARDEC. Pogonski dio vozila sastoji se od dvije gusjenice postavljene na svaku stranu robota. Gornji dio vozila je opremljen pločom pogodnom za prenošenje predmeta. Također, vozilo je opremljeno ugradbenim računalom te modulom za bežičnu Wi-Fi komunikaciju. Vozilo je prikazano na Slici 3.



Slika 3 TARDEC GVR-Bot

Praćenje pozicije robota

Za mjerenje pozicije robota u prostoru laboratorija korišten je sustav *Optitrack*. Sustav se sastoji od 10 kamera koje snimaju posebne markere na robotima u infracrvenom spektru. Na taj način jednoznačno određuju poziciju i orijentaciju objekata u prostoru. Informaciju o svojoj poziciji i orijentaciji roboti dobivaju preko bežične mreže.

Planiranje trajektorije

Za planiranje trajektorije sustava, te svake njegove komponente zasebno, izrađen je i korišten programski paket *topp_ros* koji se oslanja na pakete *TOPP* i *TOPP-RA* (*TOPP* – Time Optimal Path Parametrization). Navedeni paketi planiraju vremenski optimalnu trajektoriju za jednog ili više robota. Pritom se zadaju ograničenja brzine i akceleracije za svaki stupanj slobode za koji se planira trajektorija. Konkretno, opisani heterogeni robotski sustavi ima 11 stupnjeva slobode: 4 stupnja slobode letjelice(x , y , z , yaw); 5 stupnjeva slobode manipulatora; i 2 stupnja slobode vozila(x , y). Kako bi se vremenski uskladio položaj svih robota, trajektorija je planirana za cjelokupni sustav.

Ishodi radionice

Jedan od ishoda ovog radionice bio je upoznavanje grupe istraživačkog centra. Navedeni rezultati ostvareni su kroz suradnju s članovima grupe. Kroz daljnju suradnju u planu je izrada znanstvenog članka u kojem bi obje grupe koristile letjelicu i zemaljsko vozilo za prenošenje objekata. Na taj način pokazati će se kako je ovaj pristup funkcionalan za različite tipove letjelica i zemaljskih robota.

U svrhu provođenja eksperimenata izrađen je manipulator jednakih karakteristika kao onaj izrađen u sklopu radionice, Slika 4. Jedina razlika je korištenje karbona kao materijala za izradu umjesto 3D ispisa

istih. Kako *Dynamixel* motori u zglobovima manipulatora imaju mogućnost mjerenja struje, a samim time i momenta, u pripremi je mjerenje sile vrha alata manipulatora korištenjem tih podataka. Pri tome će se koristiti Newton-Eulerova metodologija za izračun sile i momenta vrha alata.



Slika 4 Manipulator izrađen na Fakultetu elektrotehnike i računarstva

Letjelica koja će se koristiti je AscTec NEO te također ima šest pogonskih motora, Slika 5. Programska podrška ove letjelice je ista kao i za prethodno navedeni DJI F550, što ju čini pogodnom za korištenje s alatima razvijenim u sklopu radionice.



Slika 5 AscTec NEO letjelica

Glavna okosnica zajedničkog znanstvenog članka je prenošenje predmeta pri čemu je naglasak na manevriranju tim predmetom u prostoru s preprekama. Pri planiranju izvođenja manevara treba u obzir uzeti ograničenja svih robota kako bi se isplanirala izvediva trajektorija pri čemu niti jedan dio sustava ne dotiče prepreke.

Razmjena iskustva i znanja jedan je od najvažnijih ishoda ovog radionice. Kao takvi, LARICS(Zagreb) i RRC(West Point) posjeduju različite tipove robota i opreme te su samim time drugačija i iskustva vezana za rad s takvom opremom. Iz tog razloga bilo je potrebno naučiti raditi s opremom za 3D ispis i strojevima za obradu koji su bili dostupni na West Point-u. Kao dio škole i pripreme za rad s navedenim

strojevima, održana je serija predavanja i pokaznih vježbi kako bi se polaznici upoznali s praktičnim primjenama i sigurnosnim uvjetima za rad. Konstrukcija manipulatora te ostalih mehaničkih komponenti nužnih za pričvršćivanje na letjelicu odrađena je pomoću usvojenih znanja s predavanja i pokaznih vježbi.

Glavni naglasak ove radionice bio je upravo na izradi mehaničkih komponenti te na algoritmima upravljanja i planiranja trajektorije zračnog manipulatora te zemaljskog vozila. Motivacija za takav pristup je postizanje razmjerno slične razine opreme u oba laboratorija koja će se koristiti u daljnjem zajedničkom istraživanju.

Popis radova

- [1] M. Car, A. Ivanovic, M. Orsag and S. Bogdan, "Impedance Based Force Control for Aerial Robot Peg-in-Hole Insertion Tasks," *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Madrid, 2018, pp. 6734-6739. doi: 10.1109/IROS.2018.8593808
- [2] Antun Ivanovic, Marko Car, Matko Orsag and Stjepan Bogdan, „Centroid vectoring control using aerial manipulator:Experimental results. “, *The 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Atlanta, 2019 – accepted for publication*
- [3] Marsela Polic, Antun Ivanovic and Matko Orsag, “SpECULARIA - Structured Ecological CULTivation with Autonomous Robots in Indoor Agriculture”, *IEEE/RSJ International Workshop RoboTac: New Progress in Tactile Perception and Learning in Robotics*, Madrid, 2018