

Centar za istraživanje požara otvorenog prostora Split

Darko Stipaničev¹

¹ redoviti član HATZ-a, Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (FESB), darko.stipanic@fesb.hr

Sažetak: *Požari otvorenog prostora, a posebno požari raslinja, su nekontrolirana gorenja koji uzrokuju značajnu gospodarsku štetu i razorno djeluju na okoliš. Rano otkrivanje požara, te brza i odgovarajuća intervencija, od vitalne su važnosti za minimiziranje požarne štete. Požarna sezona 2003. g. bila je jedna od najtežih, posebice u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Potaknuti velikim štetama uzrokovanim ovim požarima u jesen 2003.g. na Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (FESB) Sveučilišta u Splitu pokrenut je projekt čiji je cilj bio poboljšati prevenciju i zaštitu od požara raslinja primijenim naprednih postupaka informacijsko-komunikacijske tehnologije (ICT) i umjetne inteligencije. Splitsko-dalmatinska županija prepoznala je značaj projekta, pa je dogovorena izrada studije o integralnom modelu zaštite od šumskih požara koja je i dovršena 2004.g. Paralelno s radom na studiji, pokrenuta su i istraživanja na inovativnim sustavima za ranu detekciju požara, modeliranju širenja požara i procjeni požarne opasnosti. Na temelju ostvarenih rezultata, 2010.g. i službeno je osnovan Centar za istraživanje požara otvorenog prostora (CI-POP) u suradnji FESB-a i Splitsko-dalmatinske županije. Tema ovog rada su djelatnosti i rezultati istraživača koji su djelovali i djeluju u okviru Centra.*

Cljučne riječi: *požari raslinja, šumski požari, rano otkrivanje požara, umjetna inteligencija, FESB.*

1. Uvod

Požar raslinja je svako nekontrolirano gorenje prirodne vegetacije (trava, grmlje, šumsko drvo, otpali materijal) na otvorenom prostoru. Često se zovu i divlji požari (engl. *Wildfire*). Kada je vegetacijski sloj preciznije poznat, mogu se koristiti specifičniji nazivi poput šumskog požara, požara trave ili požara grmlja. Požari raslinja predstavljaju stalnu prijetnju ekološkim sustavima, infrastrukturi i ljudskim životima. Prema prognozama, požari raslinja, uključujući namjerno paljenje šuma u tropskim područjima, prepoloviti će svjetske šume do 2030.g. u odnosu na 2010.g. U Europi

se požarima svake godine uništi do 10 000 km² vegetacije, a u Sjevernoj Americi i Rusiji i preko 100 000 km². Požari raslinja su odgovorni za otprilike 20% emisije CO₂ u atmosferu [1].

Hrvatska spada u zemlje s visokim rizikom od požara. U ljetnoj sezoni, sedam primorskih županija u Hrvatskoj, uključujući i jadranske otoke, trajno je izloženo od velike do vrlo velike opasnosti od požara raslinja. Razlog tome su meteorološki uvjeti, gusto raspoređene šume crnogorice i veliki broj turista. Prema podacima Hrvatskih šuma [2] od 1992. do 2007. godine u Hrvatskoj je izbio 4.851 šumski požar, a površina požara iznosila je 251 910 ha. Sezone požara 2000. i 2003.g. bile su posebno teške sa 706 i 532 požara, a ukupna šteta uzrokovana šumskim požarima bila je ogromna. Primjerice, 2003.g. samo u Splitsko-dalmatinskoj županiji bilo je 130 šumskih požara, ukupna opožarena površina iznosila je 9700 ha, izravna šteta uzrokovana šumskim požarima (intervencije vatrogasaca i sanacija terena nakon požara) iznosila je 16 miliona €, a neizravna šteta, uzimajući u obzir energetska ekvivalent izgubljene drvene biomase, procijenjen je na 66 miliona € [3,4]. Požari raslinja, te 2003.g. bili su posebno katastrofalni na otocima Splitsko-dalmatinske županije. Primjerice, na otocima Hvaru i Braču izgorjelo je između 1/4 i 1/3 ukupne površine otoka, a otočić Biševo kod Visa je u potpunosti izgorio. Autor ovog rada je, ploveći tim područjem tijekom ljeta 2003.g. i sam svjedočio kataklizmičkim razmjerima tih požara. Slika 1 prikazuje fotografije nekoliko požara iz 2003. na otocima Splitsko-dalmatinske županije koje su tada snimljene.



Slika 1: Veliki požari na otoku Braču i Hvaru posebno teške požarne sezone 2003.g.

Potaknuti velikim štetama uzrokovanim ovim požarima u jesen 2003.g., na *Katedri za modeliranje i inteligentne sustave Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu* pokrenut je projekt, čiji je cilj bio pronaći načine kako bi se napredne informacijsko-komunikacijske tehnologije (ICT) i umjetna inteligencija (područja kojim su se istraživači na Katedri bavili) mogli koristiti za poboljšanje

prevencije i zaštite od požara raslinja. Nakon detaljnog pregleda tema istraživanja i implementacije ICT sustava u zadacima prevencije i podrške gašenju požara raslinja u drugim zemljama izloženim šumskim požarima, odabrane su tri teme:

- o automatsko rano otkrivanje požara raslinja analizom slike video kamera
- o predviđanje požarne opasnosti proračunom rizika od požara raslinja i
- o simulacija ponašanja i širenja požara nakon njegovog izbijanja.

Splitsko-dalmatinska županija je prepoznala značaj ovih istraživanja, pa je dogovorena suradnja i izrada studije o integralnom modelu zaštite od šumskih požara koja je i dovršena 2004.g. [3]. Ova studija je bila temelj na koju su se nadovezala i ostala istraživanja na inovativnim sustavima za ranu detekciju požara, modeliranju širenja požara i procjeni požarne opasnosti. Na temelju svih ostvarenih rezultata, 2010.g. i službeno je osnovan *Centar za istraživanje požara otvorenog prostora* (CIPOP) – <http://cipop.fesb.hr> u suradnji *Fakulteta elektrotehnike strojarstva i brodogradnje Split i Splitsko-dalmatinske županije*.

Centar je osnovan kao virtualna organizacija koja je okupljala različite stručnjake sa ciljem:

- o multidisciplinarnog znanstvenog istraživanja požara otvorenog prostora, posebno požara raslinja
- o transfera tehnologije i znanja vezanog uz požare otvorenog prostora i aktivnosti vezane s njima
- o edukacijske i promotivne aktivnosti vezane uz preventivu požare otvorenog prostora i
- o poticanje domaće i međunarodne suradnja na znanstveno-istraživačkim i edukacijskim poslovima vezanim uz požare otvorenog prostora.

U radu Centra su sudjelovali i sudjeluju brojni znanstvenici FESB-a iz područja elektrotehnike, računarstva i strojarstva, ali Centar isto tako surađuje i s brojnim istraživačima iz drugih hrvatskih i međunarodnih ustanova na različitim multi-disciplinarnim istraživanjima vezanim uz požare raslinja.

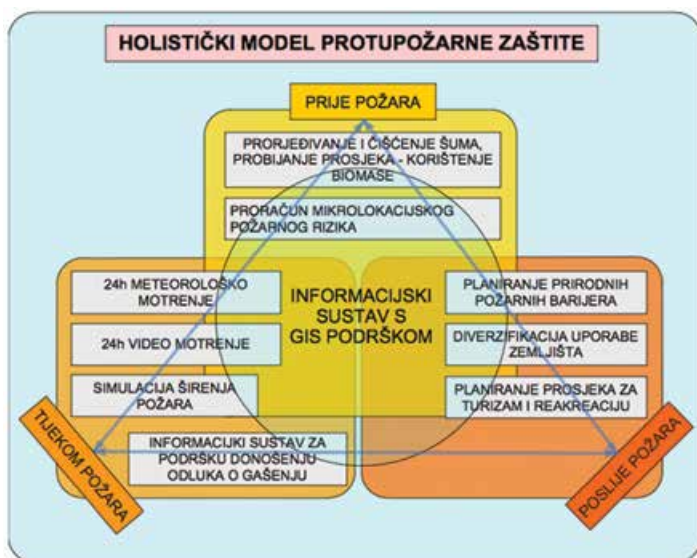
Posebno područje djelovanja Centra su istraživanja koja su se na FESB-u provodila od 2003.g., a to je primjena suvremenih informacijsko - komunikacijskih tehnologija (ICT) i umjetne inteligencije kod požara raslinja. Ova se istraživanja provode u okviru *holističkog modela zaštite od požara* razvijenog tijekom rada na studiji o integralnom modelu zaštite od šumskih požara Splitsko-dalmatinske županije kojeg detaljnije opisujemo u 2. poglavlju.

U nastavku, rad opisuje osnovne aktivnosti i rezultate istraživača koji su sudjelovali u radu Centra i to posebno na problematici korištenja suvremenih informacijsko-ko-

munikacijskih tehnologija i umjetne inteligencije u požarnoj preventivi. Bibliografija suradnika Centra vezana uz požare raslinja mogu se pronaći na *Web portalu Centra* - <http://cipop.fesb.hr> u dijelu *Reference*.

2. Integralni model zaštite od šumskih požara Splitsko – dalmatinske županije

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split i Splitsko-dalmatinska županija dogovorili su u rujnu 2003.g. izradu studije pod naslovom „*Integralni model zaštite od požara Splitsko – dalmatinske županije*“ s podnaslovom „*Pregled sadašnjeg stanja i prijedlog holističkog pristupa požarima kroz integraciju svih aktivnosti i koji se događaju prije požara (preventiva), za vrijeme požara (upravljanje gašenjem požara) i poslije požara (sanacija opožarene površine)*“ [3]. Autori studije su bili autor ovog rada (*dr. sc. Darko Stipaničev*) za područje primjene informacio-komunikacijskih tehnologija (ICT) u pred požarnim, požarnim i post požarnim aktivnostima i *dr. sc. Branimir Hrastnik* iz Centra za termoenergetiku i procesnu tehniku Split za područje energetike. Pri izradi studije konzultirano je 13 suradnika sa FESB-a, Splitsko-dalmatinske županije, DHMZ i Hrvatskih šuma. Studija je objavljena 29. lipnja 2004.g. kada je i službeno uveden inovativni *holistički model zaštite od šumskih požara Splitsko-dalmatinske županije* koji je integrirao sve požarne aktivnosti kroz prijedlog informacijskog sustava *PREGAS* (sustav za upravljanje svim *PRE*ventivnim aktivnostima, *GA*šenjem požara i *Sanacijom opožarene površine*). Predloženi holistički model pregledno prikazuje slika 2.

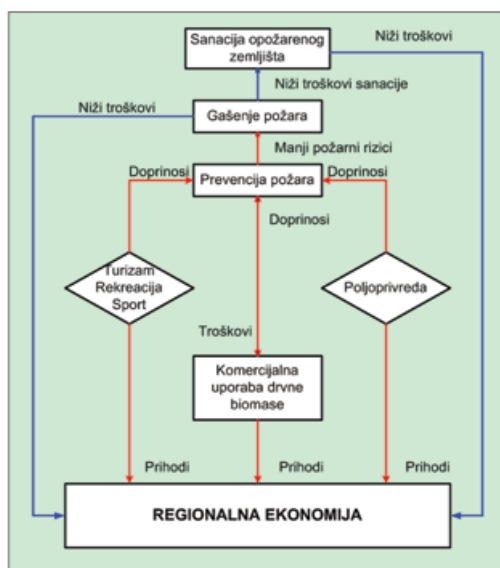


Slika 2: Holistički model protupožarne zaštite Splitsko – dalmatinske županije

Ovaj model je kasnije bio inspiracija za dva velika EU projekta u kojima su suradnici Centra također sudjelovali i sudjeluju:

- o *IPA Adriatic HOLISTIC Project* (2014.–2016.) - <https://www.adriaholistic.eu>
- o *H2020 - FirEURisk – Developing a holistic, risk - wise strategy for European wildfire management* (2021.–2025.) - <https://fireurisk.eu>

o čemu više u nastavku. Nakon detaljne analize požara raslinja na području Splitsko-dalmatinske županije, Studija je predložila niz aktivnosti vezanih uz preventivu koje se odvijaju prije požara, aktivnosti koje se događaju za vrijeme požara i post požarne aktivnosti. Posebno je bio zanimljive prijedlog ekonomski održivih požarnih aktivnosti koje pregledno prikazuje slika 3.



Slika 3: Ekonomski održive požarne aktivnosti

Energetičar *dr.sc. Branimira Hrastnik* napravio je i energetska analizu na primjeru otoka Brača i izračunao da je *godišnji prirast biomase na otoku Braču dovoljan da zadovolji sve energetske potrebe otoka Brača*, zimi za toplom energijom, ljeti za rashladnom energijom uz kogeneraciju korištenjem sunčeve energije i plinskog postrojenja. To bi zahtijevalo organizaciju efikasnog načina:

- o Prorjeđivanje šuma, izvlačenje suhih stabala i grana, uklanjanje grmlja, niske makije i drugih zapaljivih ostataka na šumskom tlu, tako da šuma postane prohodna. Prikupljanje drvne biomase treba postati komplementarna i komercijalno isplativa djelatnost. Drvnu masu treba koristiti u područnim energanama za proizvodnju toplinske, električne i rashladne energije.

- o Probijanje prosjeka i putova do svih nepristupačnih (državnih i privatnih) šumskih područja tako da omogućuje lak i brz pristup vatrogasnim vozilima i opremi do požarom ugroženog područja. Stavljanje tih putova u funkciju komercijalnog izletničkog, sportskog, rekreativnog, zdravstvenog i seoskog turizma.
- o Planiranje i tretiranje vegetacijske pokrivke sa ciljem stvaranja prirodnih barijera širenju požara, primjerice slabljenjem intenziteta požara na takvim tampon područjima.
- o Diversifikacija uporabe zemljišta, za potrebe stočarstva, poljoprivrede i turizma.
- o Opremanje većih poljoprivrednih površina za prikupljanje kišnice u kišnoj sezoni i smještaj većih spremnika vode na uzvisinama za potrebe gašenja požara, (kap-po-kap) navodnjavanje poljoprivrednih kultura, napajanje stoke i potrebe seoskog turizma.

Svi ovi prijedlozi, na žalost, još uvijek čekaju svoju primjenu.

Drugi dio Studije koji je bio je posvećen primjeni informacijsko-komunikacijskih tehnologija (ICT) u požarnim aktivnostima imao je više „sreće“ prije svega zbog aktivnosti istraživača FESB-a. Definirana su tri strateška područja primjene suvremenih tehnologija u požarnim aktivnostima:

- o izgradnja suvremenog protupožarnog motrilačkog i nadzornog sustava temeljenog na 24 satnom video i meteorološkom motrenju
- o predviđanje mikrolokacijskog indeksa požarnog rizika i
- o modeliranje i simuliranje mogućeg ponašanja i širenja požara.

Prva tema je možda i najvažnija, jer jedini učinkovit način za smanjenje štete uzrokovane požarima raslinja, naravno osim preventivnih mjera, je rano otkrivanje požara nakon čega slijedi brza i odgovarajuća reakcija. Zbog toga smo se na FESB-u u okviru pred aktivnosti i kasnije aktivnosti Centra prvenstveno usmjerili na razvoj suvremenog inteligentnog sustava za rano otkrivanje i nadzor požara raslinja.

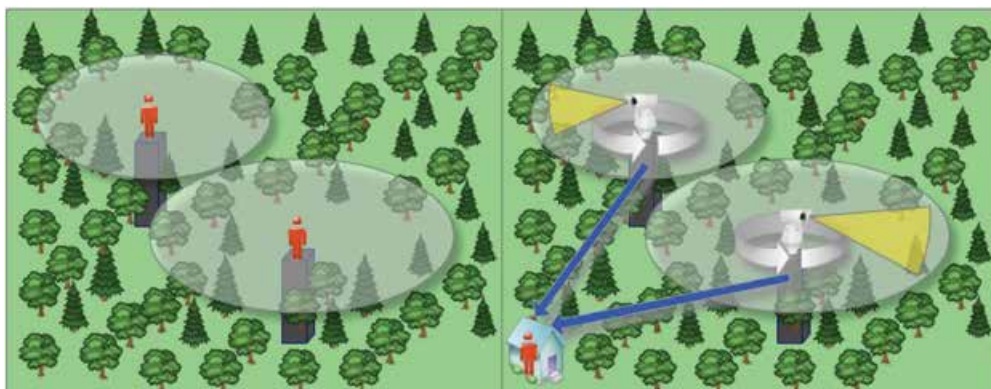
3. Inteligentni sustav za rano otkrivanje i nadzor požara raslinja

Rano otkrivanje požara je vrlo važno za smanjenje požarne štete. Poznata je vatrogasna mudrost: „*U prvoj minuti požar gasi čaša vode, u drugoj minuti posuda vode i pomoć druge osobe, a u trećoj minuti vatrogasna postrojba.*“. Stoga se ulažu veliki naponi kako bi se požar otkrio što ranije. Rano otkrivanje požara otvorenog prostora tradicionalno se temelji na ljudskom nadzoru šumskih požara, koji se ostvaruje 24-satnim promatranjem od strane ljudskih promatrača koji se nalaze na odabranim

motrilačkim mjestima. U Hrvatskoj protupožarni nadzor uglavnom organiziraju Hrvatske šume – državna firma odgovorna za zaštitu i iskorištavanje šuma u državnom vlasništvu. Ljudski promatrači obično su opremljeni samo standardnim dalekozorima i komunikacijskom opremom, a njihovo promatračko područje je samo područje koje pokriva njihov vid. Noviji, tehnički napredniji pristup ljudskom nadzoru požara raslinja je sustav temeljen na daljinski upravljanim video kamerama kojim upravlja ljudski promatrač iz centra za promatranje. Takav sustav se može koristiti ne samo za rano otkrivanje požara, već i za daljinsku video prisutnost na lokaciji požara (slika 4).

Rano otkrivanje i nadzor požara raslinja temeljen na video kamerama i ljudskim motriteljima ima mnoge prednosti u usporedbi s izravnim ljudskim motrenjem s motrilačkih mjesta. Neke od njih su:

- o Može se pokriti šire područje, jer bi jedan ljudski promatrač mogao pratiti nekoliko terenskih jedinica video nadzora.
- o Kamere su obično opremljene velikim zumom, pa promatrač množe detaljno pregledati sumnjiva područja.



Slika 4: Razlika između ljudskog nadzora požara raslinja (lijevo) i nadzora požara koji se temelji na video kamerama montiranim na motrilačkim lokacijama (desno)

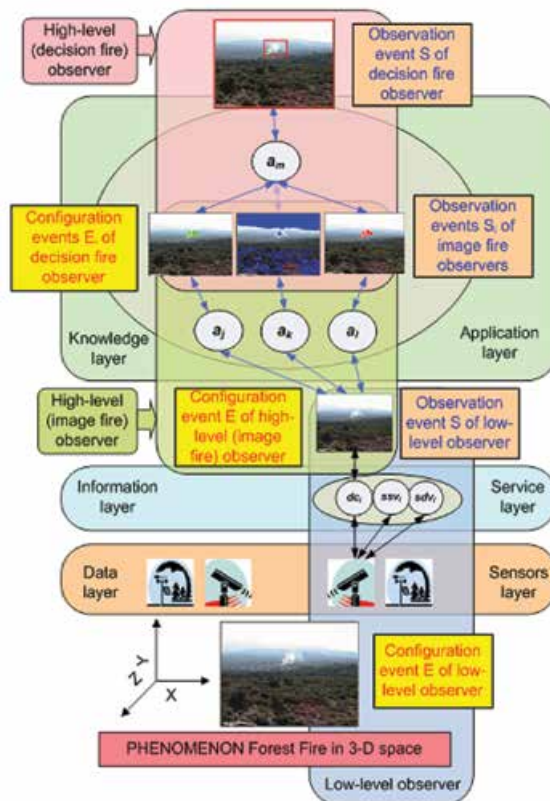
- o Sustavi video nadzora obično imaju i mogućnosti pohrane video signala, barem zadnjih nekoliko dana, a to je vrlo korisno za analizu nakon požara.

Glavno ograničenje ljudskog nadzora temeljenog na videokamerama je što otkrivanje požara u potpunosti ovisi o ljudskom promatranju. Promatrač se nalazi u ugodnijem okruženju, centru za promatranje, ali on (ili ona) mora pažljivo promatrati više monitora računala u isto vrijeme, pa se mogu pojaviti problemi poput umora, dosade i gubitka koncentracije. To je i glavni razlog za uvođenje različitih oblika naprednih sustava za automatsko otkrivanje, nadzor i praćenje požara.

Istraživači FESB-a su se od jeseni 2003.g. aktivno uključili u ova istraživanja i razvoj naprednog sustava za rano otkrivanje i praćenje požara raslinja (engl. *Advanced Wildfire Monitoring and Surveillance System*). Istraživanja su započela kao seminar na poslijediplomskom studiju FESB-a. Tadašnji student **Damir Krstinić**, a danas izv. prof. na FESB-u i voditelj daljnjeg razvoja detekcijskog dijela sustava, koji je uz to u to vrijeme bio i dobrovoljni vatrogasac na otoku Hvaru, upisao je kolegij Digitalna obrada slike i analize. Rezultati njegovog seminara pod nazivom „*Segmentacija dima požara raslinja*” bili su više nego obećavajući, pa smo se odlučili prijaviti na natječaj za tehnologijski projekt. Projekt pod nazivom *TP 03/0023-09 Sustav za ranu detekciju požara korištenjem kamera u vidljivom dijelu spektra (2004. – 2006.)* je i dobiven. Bespovratna sredstava ovog projekta bila su dovoljna za početak intenzivnijeg istraživanja, ali nedovoljno da se ona dovrše, pa je dio naših istraživanja financiran i iz standardnog MZOŠ projekta *023-0232005-2003 – AgISEco - Agentski orijentirani inteligentni sustav nadzora i zaštite okoliša (2006.-2012.)*, iz vlastitih sredstava, a kasnije i uz podršku Splitsko-dalmatinske županije. Istraživanje je započelo snimanjem video materijala s požarima raslinja u nastajanju. U suradnji s dobrovoljnim vatrogascima na otoku Hvaru kontrolirano je paljena prirodna vegetacija, a požari u nastajanju su snimani s nekoliko lokacija. Snimljeno je dovoljno video materijala na temelju kojega ubrzo razvijena i prva verzija algoritma detekcije. Konačni rezultat je bio sustav **IPNAS - Inteligentni Protupožarni NAdzorni Sustav**, koji je u to vrijeme pripadao posljednjoj generaciji naprednih automatskih sustava za nadzor i praćenje šumskih požara i uključivao puno inovativnih i naprednih značajki.

IPNAS je bio zamišljen kao integriran i inteligentan sustav za nadzor i praćenje požara raslinja temeljen na analizi slika s video kamera. Požari raslinja se otkrivaju u početnoj fazi pomoću postupaka napredne obrade i analize slike s video kamera. Inteligentni algoritmi za prepoznavanje požara automatski analiziraju slike, pokušavajući pronaći vizualne znakove požara raslinja, osobito dima tijekom dana i plamena tijekom noći. Ako se pronađe nešto sumnjivo, generira se pred alarm i vidljivo se označavaju odgovarajući dijelovi slike. Operater pregledava sumnjive dijelove slike i odlučuje da li se stvarno radi o požaru ili ne. U razvoju sustava sudjelovali su, osim autora ovog rada i istraživači s FESB-a **dr. sc. Damir Krstinić**, **dr. sc. Ljiljana Šerić** i **dr. sc. Maja Štula**, a svi oni su i doktorirali na temama vezanim uz razvoj ovog sustava.

Teorijska pozadina IPNAS-a je inovativna i novouvedena teorija **mreže požarnih opservera** koja se temelji na troslojnoj arhitekturi senzorske mreže, formalnoj teoriji percepcije i notacije opservera [7,8,9,10]. Principijelnu shemu požarnog opservera ilustrira slika 5.



Slika 5: Požarni opserverski organiziran kao troslojna opserverska mreža

Opserverski ima tri horizontalna sloja: podatkovni ili senzorski sloj, informacijski ili servisni sloj i sloj znanja ili aplikacijski sloj, koji su okomito međusobno povezani opserversima niske razine (opserverskom podataka) koji radi kao *proprioceptorska jedinica* (sintaktička i semantička provjera podataka sa senzora) i dva opserversa visoke razine, opserverski požarne slike i opserverski požarne odluke, koji rade kao *eksteroceptorske jedinice* (donošenje zaključaka na temelju senzornih podataka).

Kako je jedno od područja os kojim smo se na Katedri bavili programiranje za Internet, IPNAS je od samog početka bio zamišljen kao *web informacijski sustav* (WIS). To znači da se operater može nalaziti na bilo kojoj lokaciji s širokopojasnom internetskom vezom, a njegovo (ili njezino) korisničko sučelje je standardni web preglednik. Sustav je također projektiran kao primjer *Future Generation Communication Environmenta* (FGCA) gdje su sve aplikacije i usluge usmjerene na korisnike, a „korisnik” je u našem slučaju prirodno okruženje, a usluga je zaštita od požara. Za takvo ponašanje tehnološkog sustava u okolišu uveden je pojam *inteligencija okoliša* (engl. *EI – Environmental Intelligence*) [7,9].

Tijekom rada na projektu instalirane su tri motrilačke jedinice: na splitskom Marjanu, na Vidovoj gori na Braču i na zgradi FESB-a, na kojima su tijekom projekta testirana i ispravljane početne ideje. Eksperimentalnu motrilačku jedinicu na splitskom Marjanu prikazuje slika 6. Nakon istraživačkog perioda do 2006.g. nastavljen je intenzivni rad na uobličavanju IPNAS-a u radni sustav sposoban efikasno raditi neprekidno 24 sata 7 dana u tjednu (24/7). Put od prototipa do radnog proizvoda koji mora u prirodnim uvjetima raditi 24/7 često je i zahtjevniji od samog razvoja prototipa, zašto što zahtijeva rješavanje brojnih problema, od efikasne i pouzdane komunikacije do zaštite od grmljavinskih izboja.



Slika 6: Motrilačka eksperimentalna jedinica sustava IPNAS na Marjanu Split

Nakon 2006.g. radni sustavi su instalirani u brojnim hrvatskim nacionalnim parkovima i parkovima prirode (NP Paklenica, NP Mljet, PP Telašića, PP Vrana, PP Biokovo), a posebno zahtjevan je bio motrilački sustav Istre s 29 nadzornih kamera i 7 operativnih centara [11]. Više detalja o razvoju i ustroju sustava do 2011.g. u [12]. Slijedeći korak u razvoju dogodio se 2015.g. kroz projekt **HOLISTIC** [5] kada su sustavom IPNAS probno pokrivene i sve četiri dalmatinske županije. Pozitivna iskustva projekta HOLISTIC potaknula su i širu primjenu sustava.

Tijekom 2015.g. pokrenut je projekt u suradnji *Hrvatskih šuma* kao investitora, *Odašiljača i veza* kao nosioca komunikacijske i računalne infrastruktura i *FESB-a* kao nosioca programske podrške. Sustav IPNAS je potpuno prerađen u unaprijeđenu verziju, tada radnog naziva *STRIBOR*, a danas komercijalnog naziva *OiV Fire Detect AI* [13]. Sustavno je pokriveno skoro cijelo područje dalmatinskih županija s 86 motrilačkih kamera na 43 motrilačke lokacije, a uspostavljena su i 4 motrilačka županijska centra. Slika 7 prikazuje tipičnu motrilačku jedinicu i izgled operativnog ekrana, a slika 8 izgled motrilačkog centra Split.



Slika 7: Motrilačka jedinica sustava OiV Fire Detect AI i izgled operativnog ekrana



Slika 8: Motrilački centar Split

Sustav se stalno nadograđuje i unapređuje, a integriran je i sa GIS-om [14], te sustavima za procjenu požarnog rizika i simulaciju širenja požara o kojima više govorimo u nastavku.

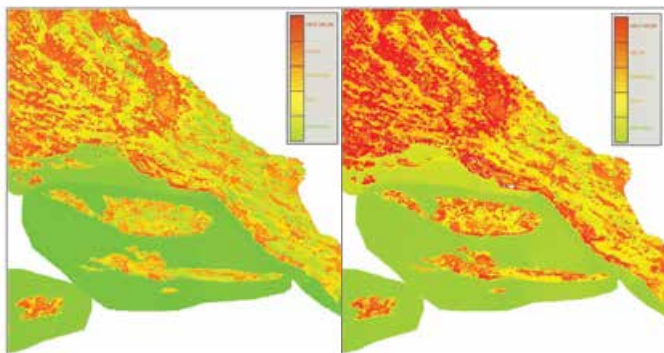
4. Proračun mikrolokacijskog indeksa požarnog rizika

Drugo istraživačko područje Centra vezano uz preventivu požara raslinja je procjena i proračun mikrolokacijskog indeksa požarnog rizika (engl. *Wildfire Risk Index Estimation*). **Požarni rizik** se definira kao „*vjerojatnost izbijanja požara i mogući gubitak koji može požarom nastati*“.

U okviru djelatnosti Centra do sada nam je prije svega bio zanimljiv ovaj prvi dio koji uključuje **procjenu mogućnosti izbijanja požara** na temelju:

- o klimatoloških i meteoroloških parametara
- o karakteristika terena
- o karakteristika vegetacije i
- o socioloških parametara.

Rizik se iskazuje jednom od pet kategorija (*vrlo mali, mali, umjereni, veliki i vrlo veliki*). Prva varijanta proračuna požarnog rizika za područje Splitsko – dalmatinske županije nazvanog **MIRIP** - Proračun Mikrolokacijskog Indeksa **RI**zika od **PO**žara dovršena je 2008.g. u suradnji sa **Splitsko-dalmatinskom županijom** i **Državnim hidrometeorološkim zavodom (DHMZ)** [15]. Posebnost MIRIP-a je bila u tome što je požarni rizik računat na razini mikrolokacije, pa su karte požarnog rizika puno detaljnije, od do tada uobičajenog načina iskazivanja požarnog rizika na primjer: „*Na području srednje Dalmacije veliki indeks opasnosti od požara raslinja.*“. Primjer karti požarnog rizika za dan malog i velikog rizika na području Splitsko-dalmatinske županije prikazuje slika 9.



Slika 9: Primjer izračuna požarnog rizika za dan malog rizika (lijevo) i velikog rizika

U razvoju ovog sustava sudjelovao je **dr. sc. Marin Bugarić** koji je kasnije u okviru svoje doktorske disertacije 2013.g. unaprijedio sustav i razvio inovativniji način proračuna požarnog rizika koji je uključivao statističku korelacijsku analizu i genetske algoritme za određivanje utjecaja pojedinih utjecajnih faktora na požarni rizik.

Novi sustav nazvan **SWRI – Site-specific Wildfire Risk Index** bio je temelj slijedećeg većeg koraka u razvoju kroz projekt **HOLISTIC** [5] kada je proračun indeksa požarnog rizika proširen na cijelo područje jadranske regije i nazvan **AdriaFireRisk**.

Tijekom projekta HOLISTIC sustav je i nadograđen mrežom upozoravajućih panela na požarnu opasnost koji su postavljeni na posebno ugrožene lokacije (slika 10). Cjelokupni projekt panela uključujući i upravljačku jedinicu napravili su istraživači sa FESB-a, suradnici Centra, a glavni projektant je bio **dr. sc. Toni Jakovčević**.



Slika 10: Upozoravajući panel za požarnu opasnost postavljen na sjevernim vratima Marjana

AdriaFireRisk je također projektiran kao **web informacijski sustav** (WIS). Indeks požarne opasnosti se na poslužitelju računa svaka dva sata, a paneli se automatski sinkroniziraju s poslužiteljem. Indeks požarnog rizika se računa na temelju podataka DHMZ-ovog atmosferskog prognostičkog modela ALADIN [16]. U okviru izvrsne suradnje FESB-a i DHMZ napravljen je sustav automatske sinkronizacije poslužitelja, pa su se podaci dobiveni modelom ALADIN automatski dva puta dnevno prebacivali na poslužitelj na kojem je računat AdriaFireRisk. Korisnici su do svih podataka i mapa dolazili standardnim web preglednikom. Dodan je i važan modul za sigurnost vatrogasaca koji je na temelju smjera i brzine vjetra i značajki reljefa, davao procjenu područja na kojem postoji **moгуćnost eruptivnog širenja požara**.

Slijedeće veliko unaprjeđivanje sustava za procjenu požarnog rizika AdriaFireRisk je upravo u tijeku kroz EU projekt *H2020 - FirEURisk – Developing a holistic, risk-wise strategy for European wildfire management (2021.-2025.)* [6]. FESB je jedan od partnera ovog velikog projekta koji na inovativni način pristupa procjeni rizika od požara. Jedno od značajki koje bi se trebalo dodati novoj verziji sustava je i uključivanje drugog dijela iz definicije požarnog rizika „*procjenu mogućeg gubitka koji bi požar mogao uzrokovati*“. Pri tome će se koristiti i treći sustav koji je razvijen u okviru djelatnosti Centra, a to je sustav za modeliranje i simuliranje širenja požara raslinja. On je također web informacijski sustav koji radi na istom poslužitelju kao i sustav za proračun indeksa požarnog rizika o kojem detaljnije govorimo u nastavku.

5. Modeliranje i simulacija ponašanja i širenja požara raslinja

Modeliranje širenja požara (engl. *Fire Spread Modelling*) samo je jedan od dijelova kompleksnijeg *modela ponašanja požara* (engl. *Fire Behavior Modelling*). Modeliranje ponašanja požara osim modela širenja uključuje i *modeliranje zapaljenja požara* (engl. *Fire Ignition Modelling*) i *modeliranje intenziteta požara* (engl. *Fire Intensity Modelling*). Modeliranje ponašanja požara je dosta kompleksnije i uključuje interakciju požara s dinamikom atmosfere te modelira primjerice i problem nastajanja i širenja dima. Međutim po praktičnim iskustvima Europskih projekata koji su se proteklih 10 godina bavili ovom problematikom za operativni rad vezan s požarnom preventivom i upravljanjem gašenjem požara dovoljno je modeliranje širenja požara.

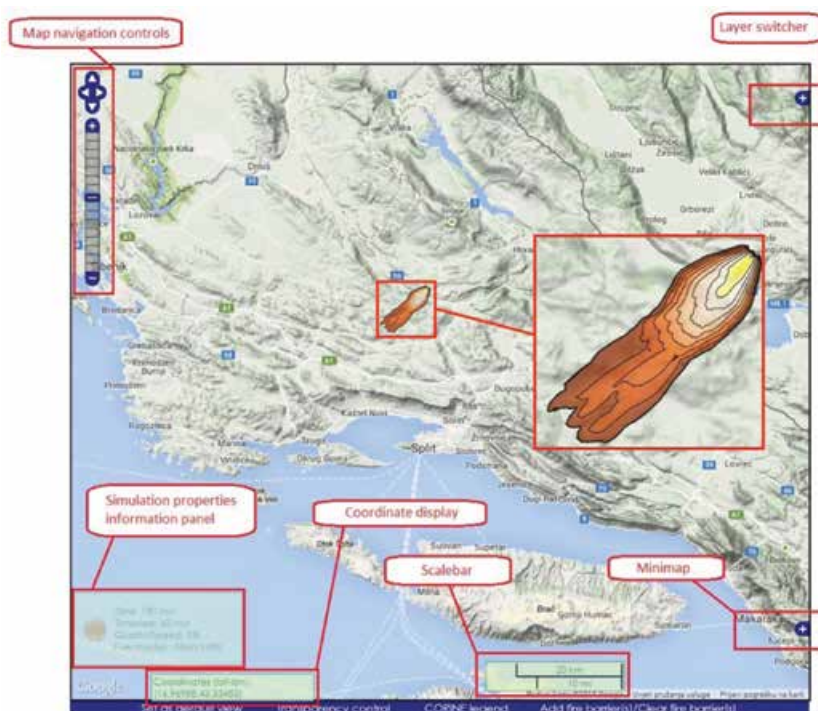
Prva istraživanja vezana uz modeliranje širenja požara raslinja, također su počela 2003.g., ali su se posebno intenzivirala 2007. i 2008.g. tijekom rada na projektu za Splitsko-dalmatinsku županiju [17]. Konačni rezultat ovih istraživanja je bio prototip simulatora širenja požara otvorenog prostora radno nazvan **MOPP – Modeliranje Propagacije Požara**. Njegove osnovne značajke sustava su bile:

- o MOPP je također projektiran kao web informacijski sustav tako da je jedino sučelje korisnika standardni Web preglednik.
- o MOOP je osmišljen kao „*simulator s jednim klikom*“ kako bi krajnjem korisniku bio što jednostavniji za korištenje. Zadatak korisnika je samo klikom na karti označiti mjesto gdje je požar počeo, a svi parametri su se automatski podizali s odgovarajućih poslužitelja i iz odgovarajućih baza, uključujući i meteorološke podatke sa poslužitelja DHMZ-a.
- o MOOP se temeljio na provjerenom semi-empirijskom Rothemelovom modelu požara, a kod simulacije širenja su korišteni celularni automati. Modeli su validirani na nekoliko velikih požara na području Dalmacije.

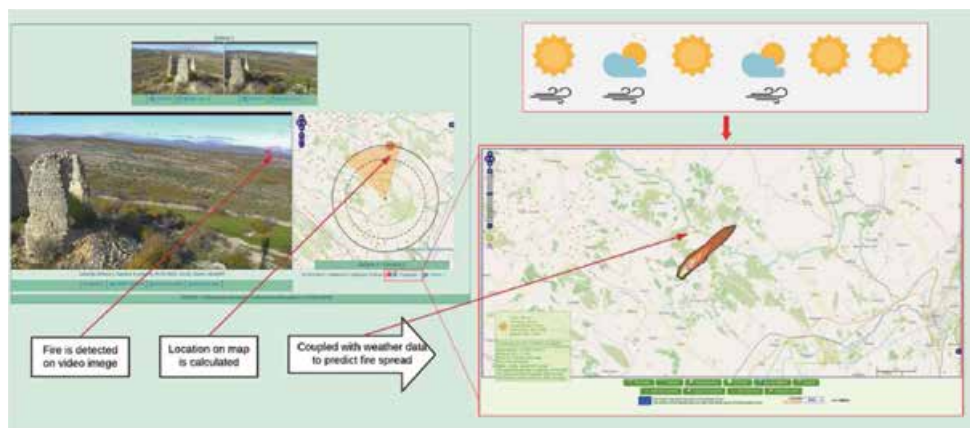
Rezultati prvih primjena simulatora su bili zadovoljavajući, a je korišten i kod analize velike vatrogasne nesreće na otoku Kornatu 2007.g., Na razvoju sustava je radio

dr. sc. Marin Bugarić, a slijedeća veća nadogradnja sustava, sada već u okviru Centra, bila je također kroz projekt HOLISTIC [5]. Simulator koji se sada zvao *AdriaFirePropagator* je proširen na cijelo područje jadranske regije, a dobio je novo suvremenije sučelje, ali i brojne dodatne opcije kao što su mogućnost korištenja različitih vegetacijskih modela vezanih uz gorenje, definiranje mjesta izbijanja požara linijom ili poligonom, dodavanje požarnih barijera, mogućnost unošenja vlastitih meteoroloških parametara itd. Slika 11 prikazuje izgled korisničkog sučelja AdriaFirePropagatora s jednom tipičnom simulacijom.

Slijedeći korak u razvoju simulatora širenja požara je bilo njegovo unapređenje i integracija u naš napredni sustav za rano otkrivanje i praćenje požara raslinja *OiV Fire Detect AI* [13]. Slika 12 prikazuje način integracije simulatora [10]. Integracija je na više razina. Korisnik na slici klikne na mjesto gdje je otkrio požar u nastajanju. Kako je, korištenjem postupaka pojačane stvarnosti (engl. *AR - Augmented Reality*), slika povezana s GIS sustavom, na karti se prikaže odabrana lokacija. Korisnik sada na može pokrenuti simulator, te za trenutne meteorološke podatke dobiti moguće širenje požara tijekom nekoliko slijedećih sati. Na unapređenju simulatoru se i dalje radi, a koristiti će i kao važan alat tijekom *H2020 FirEURisk* [6] projekta.



Slika 11: Korisničko sučelje AdriaFirePropagatora



Slika 12: Integracija simulatora širenja požara u OiV Fire Detect AI [10]

6. Zaključak

Rad opisuje djelatnosti i rezultate suradnika *Centra za istraživanje požara otvorenog prostora* koji je osnovan 2010.g. u suradnji *Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu* i *Splitsko-dalmatinske županije*. Centar je osmišljen kao virtualna ustanova koja okuplja istraživače koji rade na primjenu informacijsko-komunikacijskih tehnologija i umjetne inteligencije u različitim aktivnostima vezanim uz požare raslinja (pred požarne, požarne i post požarne aktivnosti). Ovim se temama istraživači s FESB-a bave još od 2003.g., a vezano s požarima raslinja surađivali su i surađuju s brojnim domaćim i međunarodnim stručnjacima. Jedan od značajnijih projekta Centra je inteligentni sustav za rano otkrivanje i nadzor požara raslinja *OiV Fire Detect AI* kojim uspješno radi već nekoliko godina i pokriva područje četiri dalmatinske županije, te integrira sustave za procjenu indeksa požarnog rizika i simulaciju mogućeg širenja požara.

Literatura

- [1] Kührt E.; Knollenberg J.; Mertens V.: An automatic early warning system for forest fires, *Annals of Burns and Fire Disasters*, vol. XIV, n. 3, Sept. 2001
- [2] Žaja D.: The role of Croatian Forests d.o.o. in fightings against wildfires, *International Workshop – new Methodes and Approaches to Wildfires Prevention and Protection*, Dec, 8-11 2008., Makarska
- [3] Stipaničev D.; Hrasnik B.: *Integralni model zaštite od šumskih požara na području Splitsko-dalmatinske županije*, Studija za Splitsko-dalmatinsku županiju, FESB Split, 2004. (231 stranice)

- [4] Stipaničev D.; Hrastnik B.; Vujčić R.: Holistic Approach to Forest Fire Protection in Split and Dalmatia County of Croatia, *Wildfire 2007 Int.Conference*, Sevilla, Spain, May 2007.
- [5] *IPA Adriatic HOLISTIC Project* (IPA_ADRIATIC_0001_HOLISTIC/SER/6-2014 (2014. – 2016.) - <https://www.adriaholistic.eu>
- [6] *H2020 - FirEURisk – Developing a holistic, risk - wise strategy for European wildfire Management* – (2021.– 2025.) - <https://fireurisk.eu>
- [7] Stipaničev D.; Bodrožić Lj.; Štula M.: Environmental Intelligence based on Advanced Sensor Networks, *Proc.of 14th Int.Conference on Systems, Signals and Image Processing*, Maribor, Slovenija, 27-30.6.2007
- [8] Stipaničev D.; Bodrožić Lj.; Štula M.: Data Fusion in Observer Networks, *Proc. of Second (IEEE) International Workshop on Information Fusion and Dissemination in Wireless Sensor Networks*. Pisa, Italia, 08.10.2007, 1-6
- [9] Šerić Lj.; Stipaničev D.; Štula M. Observer network and forest fire detection, *Information Fusion*, DOI: 10.1016/j.inffus.2009.12.003, on-line from Dec 28, 2009.
- [10] Šerić, Ljiljana; Ivanda, Antonia; Bugarić, Marin; Braović, Maja, Semantic Conceptual Framework for Environmental Monitoring and Surveillance—A Case Study on Forest Fire Video Monitoring and Surveillance, *Electronics* 11(2):275, Jan. 2022
- [11] Stipaničev D, Štula M, Krstinić D, Šerić Lj, Jakovčević T, Bugarić M (2010) Advanced automatic wildfire surveillance and monitoring network, *VI International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, Portugal, Nov. 15 – 18, 2010, 053, 15 pages
- [12] Stipaničev, D.: Intelligent Forest Fire Monitoring System – from idea to realization, *Annual of the Croatian Academy of Engineering 2010/2011* (2012.); 58-73
- [13] *OiV Fire Detect AI* - <https://oiv.hr/hr/usluge-i-platforme/brosure/usluge/oiv-fire-detect-ai/>
- [14] Stipaničev,D.; Bugarić,M.; Šerić,Lj.; Jakovčević,T.: Web GIS Technologies in Advanced Cloud Computing Based Wildfire Monitoring System, *5th International Wildland Fire Conference WILDFIRE 2011*, Sun City, South Africa, May 9 –13, 2011, paper No. 68
- [15] Projekt „Integralni model protupožarne zaštite Splitsko – dalmatinske županije III dio – Razrada mikrolokacijskog indeksa rizika požara raslinja (MIRIP) za područje Splitsko – dalmatinske županije“, FESB za Splitsko – dalmatinsku županiju, (2007.- 2008.)
- [16] *ALADIN (Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational)* - https://meteo.hr/infrastruktura.php?section=prognosticki_modeli¶m=aladin
- [17] Projekt „Integralni model protupožarne zaštite Splitsko – dalmatinske županije II dio - Radni prototip sustava za modeliranje širenja požara raslinja (MOP) za područje Splitsko-dalmatinske županije“, FESB za Splitsko – dalmatinsku županiju, (2007.- 2008.)

CRTA - Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije

Bojan Jerbić¹

¹ Zamjenik tajnika Odjela sustava i kibernetike

Sažetak: CRTA je Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije Fakulteta strojarstva brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Centar integrira laboratorije za autonomne sustave, računalnu inteligenciju i medicinsku robotiku, kao i praktikume za praktični rad studenata. Djelatnosti centra su usmjerene prema istraživanju i razvoju naprednih robotskih primjena, poglavito u industriji i medicini, ali i drugim područjima ljudske djelatnosti gdje tradicionalnu automatizaciju i ljudski rad trebaju zamijeniti autonomni i inteligentni sustavi..

Ključne riječi: robotika, umjetna inteligencija, računalni vid, medicina, industrija, mobilna robotika, humanoidna robotika, biomimetički sustavi.

1. Uvod

Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije - CRTA je referentni centar za istraživačke, razvojne i obrazovne aktivnosti u području robotike i umjetne inteligencije Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Centar je financiran bespovratnim sredstvima iz fonda EU (Operativni program „Konkurentnost i kohezija“ 2014.-2020.) u ukupnom iznosu od 36,7 milijuna kuna.



Slika 1: CRTA

CRTA je prvi centar izvrsnosti za robotiku u Hrvatskoj, a objedinjuje laboratorije za autonomne sustave, računalnu inteligenciju i medicinsku robotiku. Po svojem sadržaju i naprednoj opremi predstavlja jedinstvenu znanstveno-tehnološku infrastrukturu u europskim razmjerima te osigurava snažan poticaj razvojnim i obrazovnim aktivnostima u RH.

Djelatnosti centra su usmjerene prema istraživanju i razvoju naprednih robotskih primjena, poglavito u industriji i medicini, ali i drugim područjima ljudske djelatnosti gdje tradicionalnu automatizaciju i ljudski rad trebaju zamijeniti autonomni i inteligentni sustavi. U CRTI se kontinuirano odvija više istraživačkih i razvojnih projekata financiranih iz EU i nacionalnih fondova. Paralelno se radi na bojnim ugovornim istraživanjima s vodećim hrvatskim i međunarodnim tehnološkim tvrtkama. Takav oblik suradnje osigurava kvalitetan prijenos znanja i razvoj novih tehnoloških rješenja prilagođenih konkretnim potrebama industrijskih partnera. Istraživački projekti i suradnja s gospodarstvom ujedno su glavni oblici financiranja laboratorija, njezinih istraživača i doktoranada [1], [2].

CRTA je otvorena prema javnosti te redovito organizira različite prezentacije i obilaskе laboratorija s ciljem promoviranja znanosti i tehnologije, a kako bi jednako oni mladi i oni stariji bolje razumjeli digitalne i kulturološke transformacije koje živimo.

2. Laboratorij za autonomne sustave

Laboratorij za autonomne sustave (slika 2) integrira različite robotske platforme, automatske transportne sustave i brojnu prateću senzorsku, upravljačku i mehatroničku opremu. Namijenjen je istraživanju naprednih robotskih primjena, prvenstveno kolaborativnih robotskih sustava koji su sposobni dijeliti radnu okolinu s ljudima i zajedno s njima obavljati zadane poslove (Slika 3).



Slika 2: Laboratorij za autonomne sustave

Takvi robotski sustavi moraju biti opremljeni različitim senzorskim sustavima, odnosno sensorima sile, dodira i vizijskim sustavima, kako bi bili u stanju percipirati promjenjivu i dinamičnu radnu okolinu koju dijele s čovjekom. Prvenstveni je zadatak razviti upravljačke robotske programe putem kojih je moguće ostvariti suradnju s ljudima i u isto vrijeme garantirati njihovu sigurnost. Uz pomoć metoda umjetne inteligencije takve je robote moguće programirati da "razumiju" ljudski rad. Cilj je da roboti samostalno ili u suradnji s čovjekom oblikuju svoje ponašanje kroz specifičnu interakciju. Na taj način roboti 4. industrijske revolucije ne istiskuju ljude iz radnog procesa već se ljudi i roboti međusobno nadopunjavaju. Zato u Laboratoriju za autonomne sustave istražujemo i razvijamo metode interakcije ljudi i robota koja može biti primjenjiva jednako u industriji kao i uslužnim djelatnostima.



Slika 3: Kolaborativni robotski sustavi

Pored kolaborativnih robota u Laboratoriju za autonomne sustave važno mjesto zauzimaju tzv. delta roboti, odnosno roboti paralelne kinematike, koji omogućavaju postizanje velike brzine rukovanja (Slika 4). Koristimo ih za istraživanje robotske primjene u dinamičnoj radnoj okolini gdje se na predmete rada djeluje bez zaustavljanja i pozicioniranja. Takvi sustavi su izrazito efikasni i mogu značajno unaprijediti proizvodnost robotiziranih linija. Najveći izazovi koji se pri tome pojavljuju jesu brza vizualna identifikacija predmeta rada, njegovog položaja i brzine, kao i sinkronizacija robota s kretanjem predmeta uz osiguranje visoke točnosti rukovanja.



Slika 4: "Delta" roboti

Trenutno se u Laboratoriju za autonomne sustave radi na više istraživačkih i razvojnih projekata, od kojih su mnogi povezani s partnerima iz industrije.

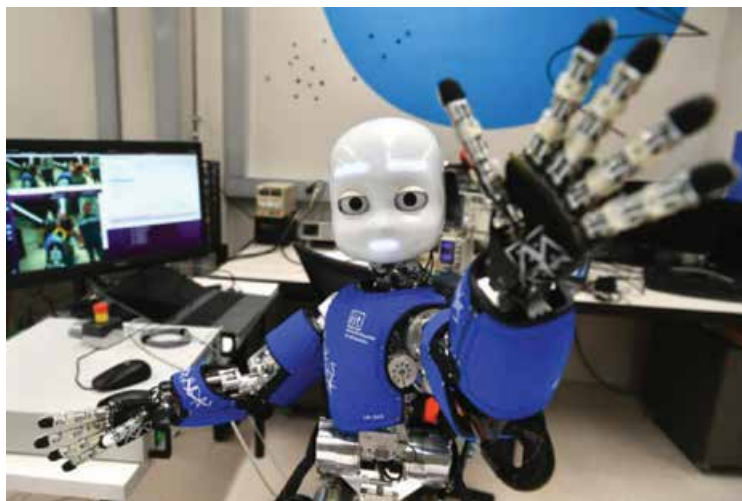
3. Laboratorij za računalnu inteligenciju

Laboratorij za računalnu inteligenciju (slika 5) opremljen je humanoidnim robotima, antropomatskim i biomimetičkim sustavima koje koristimo za istraživanje i razvoj motoričke inteligencije (Slika 6). Motoričku inteligenciju ljudi često koriste nesvjesno, a usmjerena je na upravljanje vrlo složenom mehanikom ljudskog tijela pri svakodnevnom kretanju ili obavljanju poslova. Njezinu kompleksnost najbolje ilustrira činjenica da čovjek svoju fizičku spretnost (eng. "dexterity") uči godinama od rođenja.



Slika 5: Laboratorij za računalnu inteligenciju

Zato u Laboratoriju za računalnu inteligenciju istražujemo kako takvu vrstu inteligencije implementirati za upravljanje složenim antropomatskim robotskim sustavima, odnosno tehničkim sustavima koji oponašaju mehaniku dijelova ljudskog tijela. Npr. za upravljanje robotskom šakom, slične kompleksnosti kao ljudska (s dvadesetak stupnjeva slobode gibanja), potrebno je osmisliti složene metode učenja putem kojih robot uči djelovati promatranjem i analizom ljudskog rada ili pak samostalno istražujući i ocjenjujući vlastite pokušaje pri izvršavanju specifičnih zadataka (Slika 7).



Slika 6: Humanoidni robot RUDI



Slika 7: Antropomatski robotski sustavi

Važan segment Laboratorija za računalnu inteligenciju čine istraživački timovi koji se bave mobilnim robotskim sustavima. Tu se radi na brojnim problemima od mehaničkog oblikovanja, inteligentne navigacije do vizualnog razumijevanja prostora u realnom vremenu. Trenutno su u fokusu razvoja mobilna platforma za naš neurokirurški robot RONNA [3] i mobilni robot za kretanje po vertikalnim površinama za inspekciju građevinskih konstrukcija [4].

4. Laboratorij za medicinsku robotiku

Laboratorij za medicinsku robotiku čini moderna kirurška dvorana (Slika 8) koja vjerno simulira prave kliničke uvjete. U takvim vrhunskim laboratorijskim uvjetima odvija se razvoj i pretklinička ispitivanja naših kirurških robotskih sustava na čijem razvoju Fakultet strojarstva i brodogradnje radi zajedno s timom iz Kliničke bolnice Dubrava od 2009. godine. Trenutno se u Laboratoriju za medicinsku robotiku razvija nova generacija neurokirurškog robota RONNA (RObotic NeuroNAvigation) koja će biti mobilna, interaktivna i sposobna samostalno izvoditi osjetljive invazivne neurokirurške zahvate.

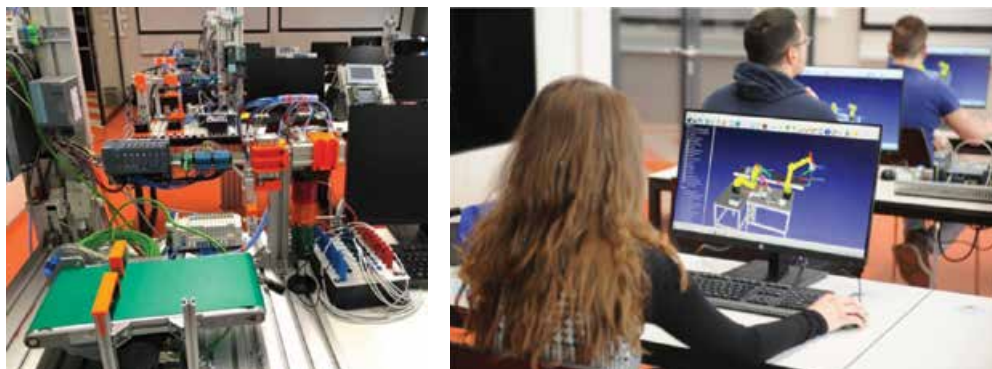


Slika 8: Laboratorij za medicinsku robotiku

Istraživanja su ovdje usmjerena na razvoj specifičnih robotskih upravljačkih modela za samostalno izvođenje neurokirurških operacija što uključuje razvoj kliničkog softvera za planiranje operacije, specifične vizijske sustave za prostornu registraciju i inteligentne robotske neurokirurške instrumente. Glavni ciljevi su postizanje visoke točnosti prostorne stereotaktičke navigacije, pouzdanost i jednostavnost primjene robotskog sustava.

5. Praktikum

CRTA ima dva praktikuma koji su opremljeni vrhunskim mehatroničkim komponentama, električnim i pneumatskim linearnim i revolutnim aktuatorima, senzorima i najmodernijim upravljačkim sklopovima industrijskog standarda (Slika 9). U praktikumima studenti imaju priliku fizički realizirati svoje mehatroničke projekte o kojima uče na predavanjima, potom ih programirati i testirati (Slika 10). Pri tome mogu iskusiti sve praktične probleme te ubrzano usvajati nova kompetitivna znanja nužna za uspješan rad u struci nakon diplomiranja.



Slika 9: Praktikum za programiranje automata i mehatroniku



Slika 10: Praktikum za programiranje automata i mehatroniku

6. Vizualni identitet

Osim provođenja naprednih istraživanja i ostvarivanja vrhunskih obrazovnih uvjeta, CRTA ima za cilj javno promovirati znanost i moderne tehnologije, prvenstveno robotiku i umjetnu inteligenciju. Zato je posebna pažnja posvećena vizualnom identitetu centra u čemu nam je pomogao vodeći hrvatski i međunarodno priznat dizajnerski studio Bruketa&Žinić&Gray. Ideja je bila oblikovati jednostavan logotip kojeg prati simbolički vizual nastao suradnjom dizajnera i umjetne inteligencije, kao svojevrsni oblik "interspecies collaboration" [5]. Stoga smo odlučili jednog od naših robota naučiti pisati riječ "CRTA". Slova su kreirana korištenjem miješanog Gaussovog modela i neuronske mreže te kombiniranjem krivulja koje generira naš robotski sustav RONNA prilikom izvođenja neurokirurških operacija. Na slici 11 prikazan je pojednostavljeni proces evolucije vizualnog identiteta.



Slika 11: Evolucija vizualnog identiteta CRTE

Kako CRTA utjelovljuje najmodernije mjesto za istraživanje robotike i umjetne inteligencije, ovakav pristup naglašava važnost suradnje čovjeka i robota koja je u srži Regionalnog centra izvrsnosti za robotske tehnologije, ilustrirajući potencijal recipročnog i prijateljskog odnosa koji bi ljudi mogli imati s tehnologijom.

Konačni rezultat primjene dobivenog vizualnog identiteta prikazan na slici 12. Za projekt vizualnog identiteta CRTE studio Bruketa&Žinić&Gray nagrađeni su prestižnom nagradom "Red Dot" (<https://www.red-dot.org/project/crta-54422>, <https://bruketa-zinic.com/hr/2021/02/04/crta-vizualni-identitet-nastao-uz-pomoc-umjetne-inteligencije/>).



Slika 12: Primjena

Literatura

- [1] Šuligoj, F.: Disertacija: *Spatial patient registration in robotic neurosurgery*, <https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A5822/datastream/PDF/view>, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2018.
- [2] Vidaković, J.: Disertacija: *Model of robot task learning based on human-robot interaction*, <https://repositorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A6581/datastream/PDF/view>, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2020.

- [3] Jerbić, B., Nikolić, G., Chudy, D., Švaco, M. & Šekoranja, B.: Robotic application in neurosurgery using intelligent visual and haptic interaction. *International journal of simulation modelling*, 14 (1), 71-84 doi:10.2507/IJSIMM14(1)7.290. (2015).
- [4] Tešić, K., Božić, M., Švaco, M., Baričević, A., Jerbić, B. & Serdar, M.: Prototyping of a Wall-climbing Robot for the Inspection of Concrete Bridges. U: Radonjanin, V., Vukobratović, V. & Lukić, I. (ur.) 15th International Scientific Conference iNDiS Planning, Design, Construction and Building Renewal Proceedings. Novi Sad, str. 347-352 (2021).
- [5] Jerbić, B.; Švaco, M.; Šuligoj, F.; Šekoranja, B.; Vidaković, J.; Turković, M.; Lekić, M.; Pavlek, B.; Bolfan, B.; Bruketa, D.; Borošić, D.; Bušić, B.: *Interspecies Collaboration in the Design of Visual Identity: A Case Study*, *arXiv preprint arXiv:2201.10393* (2022).