

Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave

Sven Lončarić¹, Ivan Petrović¹

¹ redoviti član HATZ-a, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

Sažetak: U radu je predstavljen Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave (ZCI) koji je prvi znanstveni centar izvrsnosti u Hrvatskoj u području tehničkih znanosti. ZCI se sastoji od dviju istraživačkih jedinica: (1) Istraživanje u znanosti o podacima (voditelj prof. dr. sc. Sven Lončarić) i (2) Istraživanje naprednih kooperativnih sustava (voditelj prof. dr. sc. Ivan Petrović). ZCI ujedinjuje više od 80 znanstvenika iz 11 istaknutih visokoškolskih institucija sa sveučilišta u Zagrebu, Osijeku, Rijeci, Splitu i Dubrovniku te Instituta Ruđer Bošković i poduzeća Ericsson Nikola Tesla. Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu koordinacijska je institucija ZCI-a. U radu je predstavljena motivacija osnivanja ZCI-a te su opisana dva ključna područja istraživanja – znanost o podacima i napredni kooperativni sustavi. Predstavljene su misija, vizija i ciljevi ZCI-a te strateška istraživačka područja. Nadalje, opisan je projekt ZCI-a – DATACROSS te njegove brojne aktivnosti. U zadnjem dijelu rada predstavljeni su najvažniji rezultati rada istraživača ZCI-a.

Ključne riječi: znanstveni centar izvrsnosti, znanost o podacima, napredni kooperativni sustavi, umjetna inteligencija.

1. Uvod

Digitalne tehnologije nove generacije, kao što su Internet stvari, umjetna inteligencija, napredna robotika i autonomni sustavi predstavljaju temelj za nove proizvode i usluge koje su važne za gospodarstvo i društvo. Takvi novi proizvodi i usluge stvaraju nove sustave i kompleksna okruženja koja značajno unaprjeđuju naš svakodnevni život.

Umjetna inteligencija [1] znanstvena je disciplina koja svoje početke ima još u 50-im godinama prošloga stoljeća, ali je razvojem teorije i tehnologija tek zadnjih godina počela ostvarivati značajne rezultate. Umjetna inteligencija obuhvaća računalne metode koje omogućuju rješavanje problema za koje je, kad ih rješavaju ljudi, potrebna inteligencija. Dakle radi se o računalima koja mogu učiti, rješavati probleme i izvršavati kognitivne funkcije. Primjene su umjetne inteligencije u mnogim područjima uključujući zdravstvo, financije, promet, obranu, autonomna vozila te poslovne i mnoge druge primjene. Elementarna područja istraživanja u umjetnoj inteligenciji uključuju predstavljanje znanja, strojno učenje, računalni vid, razumijevanje prirodnog jezika i razumijevanje govora. Razvoj umjetne inteligencije u zadnjemu je desetljeću naročito ojačao zbog razvoja umjetnih neuronskih mreža koje simuliraju biološke neuronske mreže koje čine ljudski mozak i omogućuju učenje i složene kognitivne i misaone procese. Primjerice, korištenje dubokih neuronskih mreža za interpretaciju vizualnih scena u prometu omogućuje značajan napredak u razvoju autonomnih vozila gdje računalo interpretira prometnu scenu i upravlja vozilom.

Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave (ZCI) [2] u okviru svojega djelovanja pokriva spomenuta područja istraživanja i djeluje kao središte suradnje akademske zajednice s poslovnim i javnim sektorom s ciljem doprinosa poboljšanju kvalitete života i poticanja ekonomskoga rasta u Republici Hrvatskoj.

2. Znanost o podacima

Razvoj digitalnih tehnologija tijekom zadnjega desetljeća omogućio je prikupljanje velikih količina podataka iz raznih domena ljudske djelatnosti: od zdravstvenih podataka, podataka o potrošačkim navikama, financijskih podataka, podataka dobivenih na temelju korištenja mobilnih komunikacijskih uređaja, podataka o posjećivanju Internetskih stranica, prometnih podataka, podataka o kretanju ljudi i raznim životnim navikama. Prikupljanje i analiza takvih velikih skupova podataka postalo je jednim od najpropulzivnijih poslovnih segmenata u svijetu gdje su brojne kompanije izgradile svoje poslovne modele i svoj uspjeh upravo na informacijama izvedenim iz velikih skupova podataka.

Znanost o podacima [3] bavi se problemom izlučivanja znanja iz strukturiranih i nestrukturiranih podataka, uključujući vrlo velike skupove podataka poznate pod nazivom veliki podatci (engl. big data). Znanost o podacima interdisciplinarno je područje koje obuhvaća discipline kao što su matematika, statistika, računalna znanost, strojno učenje, rudarenje podataka, umjetna inteligencija i skladišta podataka te računarstvo visokih performansi. Zahvaljujući potrebama državnih institucija i gospodarstava za stručnošću u području znanosti o podacima, u svijetu postoji velika tr-

žišna potražnja za znanstvenicima toga profila, koja je posebno izražena u posljednjih nekoliko godina. Primjeri primjena znanosti o podacima su umjetna inteligencija, strojno učenje, dubinska analiza podataka, kompleksne mreže i društvene mreže, bioinformatika, obrada prirodnoga jezika, analiza teksta, poslovna analitika, infrastruktura za napredno računanje, obrada signala, slika i videa te financijska analitika.

3. Napredni kooperativni sustavi

Kooperativnim se sustavima nazivaju sustavi koji se sastoje od više samostalnih sustava udruženih radi proširenja njihovih pojedinačnih sposobnosti u izvršavanju složenih zadataka korištenjem kooperativnih vještina [4]. Sve većim zahtjevima na učinkovit i pouzdan rad složenih kooperativnih sustava može se udovoljiti jedino ako se istodobno uzmu u obzir i izvedbe pojedinih komponenata sustava i njihova međudjelovanja.

Društveno relevantni primjeri primjene kooperativnih sustava mogu se naći praktično u svim velikim društvenim izazovima: globalno zatopljenje (npr. kako bolje upravljati prilikom prirodnih nepogoda poput poplava ili šumskih požara); smanjenje zaliha energije, vode i hrane (npr. kako poboljšati učinkovitost potrošnje i proizvodnje); starenje društva; javno zdravstvo; sigurnost. Jedno od strateških područja primjene, koje se dotiče više navedenih izazova, jest takozvani napredni grad – entitet koji sadrži raspodijeljene jedinice za proizvodnju energije, aktivnu energetska mrežu, jedinice za pohranu i potrošnju, vodno-distribucijsku mrežu i druge cjeline, koje sve zajedno treba povezati u jedan složeni kooperativni sustav da bi se podigla kvaliteta funkcioniranja grada na višu razinu u pogledima energetske/vodne učinkovitosti i kvalitete života, uključujući mobilnost i sigurnost.

Nadalje, robotska tehnologija i kooperativni robotski sustavi mogu se primijeniti na raznim područjima ljudskoga djelovanja bez obzira na njihove specifičnosti i zahtjeve: proizvodnja, zdravstvo (npr. klinička, rehabilitacijska i skrbnička robotika), agrikultura, građevina, zaštita ljudi i materijalnih dobara (npr. primjena robota u opasnim, zagađenim ili teško dostupnim okolišima), transport i logistika (tj. tvornice budućnosti), osobna potrošnja (npr. roboti za pomoć u domaćinstvu ili učenju, odnosno roboti za zabavu i razonodu). Novi koncepti upravljanja i automatizacije kao što su suradnja čovjeka i robota i kooperativni kibernetički sustavi prepoznati su zbog svojih potencijala da unaprijede i revolucioniraju proizvodnju.

4. Znanstveni centar izvrsnosti

Inicijativa za formiranje ZCI-a bila je motivirana činjenicom da u Hrvatskoj postoji nekoliko visokoškolskih i znanstvenih institucija koje su aktivne u raznim teorijskim

i primijenjenim segmentima znanosti o podacima i kooperativnih sustava. Unatoč tome, postojeće istraživačke aktivnosti nisu bile koordinirane te je nedostajala komunikacija između istraživačkih grupa – stanje koje je dijelom uzrokovano heterogenim i multidisciplinarnim karakterom navedenih istraživačkih područja. Posljedica je toga bio nedostatak kritične mase istraživača potrebne za postizanje značajnijeg napretka u istraživanjima i nedovoljna potpora nacionalnome gospodarstvu i državnim agencijama.

4.1. Uspostava Znanstvenoga centra izvrsnosti

Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave, prvi ZCI u području tehničkih znanosti u Hrvatskoj, proglašen je odlukom ministra znanosti, obrazovanja i sporta prof. dr. sc. Vedrana Mornara 6. studenoga 2015. godine na razdoblje od 5 godina, a nakon izrazito pozitivne međunarodne evaluacije rada ZCI-a u 2020. godini, odlukom ministra znanosti i obrazovanja prof. dr. sc. Radovana Fuchsa 27. listopada 2020. godine produljen mu je rad na sljedećih 5 godina, tj. do 5. studenoga 2025. godine.

ZCI se sastoji od dviju istraživačkih jedinica: (1) Istraživanje u znanosti o podacima (voditelj prof. dr. sc. Sven Lončarić) i (2) Istraživanje naprednih kooperativnih sustava (voditelj prof. dr. sc. Ivan Petrović). ZCI ujedinjuje više od 80 znanstvenika iz 11 istaknutih visokoškolskih institucija te jednoga znanstvenog instituta i jednoga poduzeća. Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu koordinacijska je institucija ZCI-a.

Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i napredne kooperativne sustave povezuje najkvalitetnije istraživačke grupe u Hrvatskoj koje su aktivne u temeljnim i primijenjenim istraživanjima u znanosti o podacima i naprednim kooperativnim sustavima, s ciljem unaprjeđenja znanja iz teorije, tehnologija i sustava. Cilj je da komplementarnost istraživačkih timova i usredotočenost na zajedničke ciljeve potaknu razmjenu znanja, iskustava i ideja među istraživačima iz različitih područja stvarajući sinergijski učinak koji doseže daleko više nego što bi pojedinačne grupe mogle ostvariti samostalno. Formiranje interdisciplinarnih i aktivnih grupa istraživača omogućuje postizanje značajnog znanstvenog utjecaja i međunarodne vidljivosti. Formiranje ZCI-a omogućilo je povećanje znanstvene produktivnosti, povećanje broja kompetitivnih istraživačkih projekata, organizaciju najvažnijih međunarodnih skupova, edukaciju mladih istraživača i povećanu dolaznu i odlaznu mobilnost istraživača. U okviru svojih aktivnosti ZCI gradi partnerstvo s akademskim, državnim i poslovnim organizacijama u području stručnosti koje pokriva istraživački tim ZCI-a.

4.2. Misija, vizija, ciljevi i korisnici ZCI-a

Misija ZCI-a jest postati vodećim istraživačkim centrom u Hrvatskoj, a i šire, za istraživanje i primjene znanosti o podacima u svrhu poboljšanja kvalitete života i poticanje ekonomskog rasta u Hrvatskoj. U tu svrhu ZCI surađuje s drugim akademskim partnerima, gospodarstvom i vladinim agencijama.

Opći ciljevi ZCI-a:

- Istraživačka izvrsnost: unaprijediti znanja i razviti nove tehnologije u znanosti o podacima i naprednim kooperativnim sustavima te istovremeno povećati broj financiranih istraživačkih projekata na nacionalnoj i međunarodnoj razini;
- Prijenos tehnologije: potaknuti transfer tehnologije od znanstvenih institucija ka industriji i vladinim organizacijama u svrhu potpore rasta malih, srednjih i velikih poduzeća u Hrvatskoj;
- Konzultantske usluge i infrastruktura: gospodarstvu i državnim agencijama omogućiti ekspertizu i pristup naprednoj infrastrukturi;
- Edukacija i usavršavanje: povećati broj visokoobrazovanih znanstvenika u područjima znanosti o podacima i kooperativnih sustava da se zadovolji potražnja domaćeg tržišta rada kroz razvoj preddiplomskih i diplomskih studijskih programa.

Posebni ciljevi ZCI-a:

- Provođenje usmjerenih istraživačkih aktivnosti: ciljane istraživačke aktivnosti provoditi u području teorije i primjene znanosti o podacima i naprednih kooperativnih sustava;
- Jačanje inovacija i eksploatacije rezultata: jačanje prijenosa tehnologije, davanje ekspertize gospodarstvu i državnim agencijama za poticanje gospodarskoga rasta;
- Umrežavanje i diseminacija: stvaranje strateških partnerstava s poduzećima u hrvatskome gospodarstvu i s vladinim institucijama te povećanje broja kvalitetno educiranih stručnjaka za znanost o podacima i napredne kooperativne sustave.

Ciljane grupe su institucije članice ZCI-a, koje će povećati svoj kapacitet za istraživanje i transfer tehnologije u području teorije i primjena znanosti o podacima i kooperativnim sustavima.

Krajnji korisnici su znanstvena zajednica u Hrvatskoj, visokotehnoška poduzeća, državne agencije te društvo u cjelini. Gospodarski rast i razvoj društva predstavljaju korist za cjelokupno društvo.

4.3. Institucije članice Znanstvenog centra izvrsnosti

ZCI ujedinjuje više od 80 znanstvenika iz 12 istaknutih institucija i jednoga poduzeća:

1. Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva – koordinacijska institucija ZCI-a
2. Institut Ruđer Bošković, Zagreb
3. Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet
4. Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje
5. Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti
6. Hrvatsko katoličko sveučilište, Zagreb
7. Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje
8. Sveučilište u Rijeci, Centar za napredno računanje i modeliranje
9. Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet
10. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet
11. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Elektrotehnički fakultet Osijek
12. Sveučilište u Dubrovniku
13. Ericsson Nikola Tesla d.d.

Pri implementaciji planiranih aktivnosti ZCI slijedi suvremenu “quadruple-helix” metodologiju, prema kojoj akademija, industrija, država i društvo (građani) zajedno stvaraju inovacijski ekosustav koji sustavno potiče znanstvenu izvrsnost i primjenu rezultata istraživanja na dobrobit cijeloga društva.

4.4. Strateška istraživačka područja ZCI-a

4.4.1. Strateška istraživačka područja: Znanost o podatcima

Cilj znanosti o podatcima jest ekstrakcija znanja iz podataka. Taj cilj iziskuje uporabu postupaka temeljenih na nizu različitih teorijskih disciplina, kao što su matematika, statistika, teorija informacija, obrada signala, vjerojatnosni modeli, strojno učenje, dubinska analiza podataka, baze podataka, obrada prirodnog jezika, raspoznavanje uzoraka, vizualizacija, prediktivna analitika, skladišta podataka, sažimanje podataka i računarstvo visokih performansi. Kako bismo uspješno odgovorili na te izazove, razradili smo konkretan istraživački plan koji ima uporište u četiri stupa - četiri strateška istraživačka područja koja obuhvaćaju sea gore navedene postupke i teorijske discipline:

- Istraživačko područje 1: Multimodalna obrada podataka i upravljanje informacijama
- Istraživačko područje 2: Strojno učenje i dubinska analiza podataka
- Istraživačko područje 3: Heterogeno računarstvo i napredne usluge u oblaku
- Istraživačko područje 4: Višedisciplinarni podatkovno intenzivne primjene

Prva tri istraživačka područja bave se osnovnim teorijskim aspektima koji su potrebni za sve primjene znanosti o podacima. Četvrto istraživačko područje bavi se specifičnim primjenama koje demonstriraju korištenje znanosti o podacima na problemima od praktične važnosti, i to u području kompleksnih mreža, društvenih mreža i medija, bioinformatike, poslovne analitike i financija, inteligentnih prijevoznih sustava, obrade slika i astrofizike. Višedisciplinarni primjeri primjene združuju istraživače iz različitih disciplina, ohrabrujući na taj način interdisciplinarnu suradnju, koja je preduvjetom za razvoj novih primjena i rješenja koje iziskuju gospodarstvo i javni sektor.

4.4.2. Strateška istraživačka područja: Napredni kooperativni sustavi

Glavna je motivacija uspostave Istraživačke jedinice za napredne kooperativne sustave omogućavanje istraživanja u novim tehničkim područjima značajnima za suvremeno društvo okupljanjem znanstvenika s odgovarajućim komplementarnim znanjima podupirući tako sinergijske učinke njihova rada. To uključuje koordinirano i multidisciplinarno istraživanje u nekoliko tehničkih disciplina: automatskom upravljanju, umjetnoj inteligenciji, obradbi informacija, računarstvu, komunikacijama, elektronici, potrošnji energije i informacijskoj tehnologiji. Istraživanja su usredotočena na četiri strateška istraživačka područja s ciljem provedbe temeljnih istraživanja potaknutih različitim područjima primjene i pokaznih scenarija u njima, čime se osigurava buduća dugoročna održivost istraživačkih rezultata:

- Istraživačko područje 1: Autonomni i kooperativni robotski sustavi
- Istraživačko područje 2: Kognitivni sustavi računalnog vida
- Istraživačko područje 3: Sveprisutni senzori i umrežene usluge usmjerene čovjeku
- Istraživačko područje 4: Napredne strategije upravljanja i estimacije za kibernetko-fizikalne sustave

Temeljna metodološka istraživanja u okviru svakog strateškog područja prenose se na područja primjene pri čemu se uspostavlja kompatibilnost istraživačkih rezultata ostvarenih u istraživačkim područjima, što se povratno odražava na daljnje usmjerenje istraživačkih aktivnosti unutar svakog pojedinog područja. Istraživačka je

jedinicu usredotočena na sljedeća područja primjene: (1) zdravstveni sustavi (primjer scenarija: pametno okruženje za pacijente s asistencijom robota); (2) sigurnost i zaštita (primjer scenarija: nadzor morske i kopnene granice koordiniranim korištenjem heterogenih autonomnih vozila); (3) okoliš (primjer scenarija: koordinirani robotski sustavi za nadgledanje šuma i mora); (4) napredni grad (primjer scenarija: zgrade sa samoodrživim obnovljivim izvorima energije); i (5) tvornice budućnosti (primjer scenarija: autonomna montaža - od skladišta do trgovine).

5. Projekt DATACROSS

Za financiranje Znanstvenih centara izvrsnosti Republika Hrvatska alocirala je sredstva iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova, u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija za razdoblje 2014.-2020. Članovi ZCI-a za znanost o podacima i kooperativne sustave pripremili su projektni prijedlog na poziv za dostavu projektnih prijedloga pod nazivom "Vrhunska istraživanja Znanstvenih centara izvrsnosti" koji je bio objavljen 2017. godine. Naziv je projekta "Napredne metode i tehnologije u znanosti o podacima i kooperativnim sustavima (DATACROSS)". Projektni tim i zajednica prijavitelja projekta DATACROSS identični su kao i za ZCI. Projekt je prihvaćen i dodijeljena su mu sredstva za petogodišnje financiranje, od studenoga 2017. do studenoga 2022., u iznosu oko 37,5 milijuna kuna.

Projekt DATACROSS bavi se istraživačkim problemima razvoja naprednih metoda i tehnologija analize heterogenih podataka te oblikovanja složenih kooperativnih sustava. Potrebe za primjenom razvijenih metoda i tehnologija koje se odnose na znanost o podacima i na kooperativne sustave imaju gotovo svi sektori gospodarstva i društva u cjelini.

S obzirom na strateške dokumente EU i RH, DATACROSS projekt izravno je vezan uz „Sporazum o partnerstvu između RH i EK za korištenje strukturnih i investicijskih fondova EU“ i „Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.-2020“. DATACROSS predviđa razvoj novih metoda i tehnologija koje mogu ubrzati gospodarski rast RH i potaknuti zapošljavanje, čime neposredno pridonosi Tematskom cilju 1 „Jačanje istraživanja, tehnološkog razvoja i inovacija“.

Strategija pametne specijalizacije RH 2016.-2020. temeljni je strateški dokument na kojemu se zasniva projekt DATACROSS, koji razvija napredne metode i tehnologije u okviru horizontalne teme ICT s ciljem podupiranja razvoja inovacija i kompetitivnosti gospodarstva u svih pet tematskih prioritetnih područja (TPP) i njihovim podtematskim prioritetnim područjima (PTPP): (1) TPP: „Zdravlje i kvaliteta života“/ PTPP: „Zdravstvene usluge i nove metode preventivne medicine i dijagnostike“, jer

razvija metode i tehnologije koje bi trebale rezultirati novim uslugama preventivne, dijagnostičke i personalizirane medicine; (2) TTP: „Energija i održivi okoliš“/PTPP: „Energetske tehnologije, sustavi i oprema“, jer razvija metode upravljanja obnovljivim izvorima energije te sustavima distribucije, kao primjerima kibernetско-fizikalnih sustava; (3) TTP: „Promet i mobilnost“/PTPP: „Inteligentni transportni sustavi i logistika“, jer razvija autonomne i druge pametne sustave u transportu i logistici; (4) TTP: „Sigurnost“/PTPP: „Obrambene tehnologije i proizvodi dvojne namjene“, jer razvija autonomne daljinski vođene sustave bez posade; i (5) TTP: „Hrana i biokemija“/PTPP: „Održiva proizvodnja i prerada hrane“, „Održiva proizvodnja i prerada drva“, jer razvija inovativna rješenja računarstva u oblaku, interneta stvari i kibernetско-fizikalnih sustava te autonomnih i kooperativnih robotskih sustava i sustava računalnoga vida.

U okviru projekta, istraživački se problemi vezani uz znanost o podacima rješavaju kroz četiri međusobno usko povezane istraživačke aktivnosti: (1) razvoj metoda obradbe višeslojnih podataka zasnovanih na strojnom učenju i semantičkoj integraciji sa strukturiranim podacima, (2) razvoj skalabilnih postupaka strojnoga učenja prilagođenih složenim skupovima podataka i podacima s kompleksnih mreža, (3) razvoj novih heterogenih računalnih sustava i platformi namijenjenih učinkovitoj analizi velikih skupova podataka i (4) višedisciplinarnu primjenu znanosti o podacima. Istraživački problemi vezani uz napredne kooperativne sustave rješavaju se istraživanjem i razvojem metoda i tehnologija: (1) autonomnosti i kooperativnosti robotskih sustava, (2) kognitivnoga računalnog vida, (3) umreženih pametnih senzora i obradbe i analize tokova podataka u oblaku za pružanje usluga usmjerenih ljudima te (4) upravljanja i estimacije kibernetско-fizikalnih sustava.

Zapošljavanjem i usavršavanjem mladih istraživača u područjima znanosti o podacima i kooperativnih sustava, projekt DATACROSS izgrađuje značajan ljudski istraživački kapacitet koji će biti sposoban nastaviti s daljnjom provedbom vrhunskih znanstvenih istraživanja usmjeravajući ih prema novim istraživačkim izazovima, preuzimajući time ulogu sadašnjih starijih vodećih istraživača u daljnjem razvoju istraživačkih aktivnosti ZCI-a.

Istraživači projekta DATACROSS aktivno surađuju s gospodarstvom kroz diseminacijske aktivnosti, razvoj novih visoko-tehnoloških proizvoda i usluga te osnivanje spin-off poduzeća. Razvijeni novi proizvodi i usluge te osnovana spin-off poduzeća omogućuju zapošljavanje novih visokoobrazovanih djelatnika čime projekt DATACROSS izravno pridonosi promijeni trenda „odljeva mozгова“ iz RH, a dugoročno i drugim značajnim izazovima hrvatskoga društva, kao što su: (1) unaprjeđenje razine ekonomskoga razvoja uz predviđeno smanjenje radne snage, (2) poboljšanje kvalitete života za rastući broj starijih osoba, (3) zaštita okoliša te sigurnost ljudi i dobara.

6. Postignuti rezultati

Od osnivanja ZCI-a do danas, uključeni istraživači postigli su brojne rezultate koji su nastali u okviru projekta DATACROSS i u okviru brojnih drugih istraživačkih i razvojnih projekata:

- 1.) Provođenje vrhunskih istraživanja u području znanosti o podacima i kooperativnih sustava. Istraživači ZCI-a su u razdoblju od 2018. do 2021. godine objavili više od 800 znanstvenih radova u vrhunskim znanstvenim časopisima indeksiranim u WoSCC bazi, više od 50 radova u drugim znanstvenim časopisima, 600 radova u zbornicima međunarodnih znanstvenih skupova.
- 2.) Jačanje istraživačkoga kapaciteta ZCI-a u području znanosti o podacima i kooperativnih sustava. Projekt DATACROSS značajno je ojačao kapacitet ZCI-a za istraživanja kroz jačanje ljudskih potencijala i znanstvene infrastrukture. Ljudski je potencijal ojačan kroz zapošljavanje 69 istraživača, od čega 41 mladog istraživača i 28 iskusnih istraživača na projektu u različitim trajanjima zaposlenja. Istraživači su jačali svoju ekspertizu kroz posjete stranim institucijama i kroz sudjelovanja na međunarodnim ljetnim školama i radionicama. Nadalje, projekt je omogućio nabavu nove i obnavljanje postojeće istraživačke opreme za eksperimentalnu provjeru istraživanih metoda i razvijenih tehnologija. Vodeći istraživači ZCI-a, zahvaljujući i ojačanom istraživačkom kapacitetu projektom DATACROSS, postigli su izvrsne rezultate u prijavljivanju i provođenju istraživačkih projekata. Od 2018. godine do danas ugovorili su 24 projekta financirana iz programa Obzor 2020 i isto toliko drugih međunarodnih istraživačkih projekata te 53 istraživačko-razvojno-inovacijska (IRI) projekta financirana iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova i 23 projekta Hrvatske zaklade za znanost. Financijska je vrijednost tih projekata za članove zajednice prijavitelja više od 30 milijuna eura i na njima je zaposleno više od 100 dodatnih doktoranada i poslijedoktoranada.
- 3.) Jačanje međunarodne vidljivosti ZCI-a ostvaruje se sudjelovanjem na međunarodnim znanstvenim konferencijama i kongresima te posjetima istraživača ZCI-a stranim institucijama kao i kroz kraće i dulje posjete stranih eksperata ZCI-u. Međunarodna vidljivost jačana je i kroz organiziranje međunarodnih znanstvenih skupova i ljetnih škola. Naravno, poseban doprinos jačanju međunarodne vidljivosti i prepoznatljivosti postignut je i suradnjom na međunarodnim projektima.
- 4.) Jačanje doprinosa ZCI-a razvoju hrvatske ekonomije i društva ostvareno je kroz 18 novih istraživačkih projekata koje vlastitim sredstvima financiraju gospodarski partneri, 4 licencijska sporazuma o transferu tehnologije i s jednom novoformiranom spin-off kompanijom. Naravno, značajna suradnja s gospodarskim partne-

rima postiže se i suradnjom u provedbi 53 projekata sufinancirana iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova na kojima se provode istraživanja usmjerena razvoju novih proizvoda utemeljenih na znanju.

7. Zaključak

Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave snažno pridonosi jačanju istraživačkog kapaciteta hrvatskih institucija u područjima znanosti o podacima i naprednih kooperativnih sustava i jača njihovu međunarodnu vidljivost. Jedan od najvažnijih rezultata ZCI-a svakako je razvoj karijera mladih istraživača koji u okviru ZCI-a rade na svojim doktorskim disertacijama i nakon završenih doktorata predstavljaju temelj za razvoj hrvatskih poduzeća koja razvijaju proizvode visoke tehnologije s visokom dodanom vrijednošću. Ukratko, ZCI daje značajan doprinos razvoju i jačanju hrvatskoga gospodarstva te državnim tijelima i agencijama u svrhu ostvarivanja drugih dobrobiti za hrvatsko društvo.

Literatura

- [1] Russell, Stuart; Norvig, Peter: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th Edition, Pearson Education Inc., ISBN 978-0134610993, Hoboken, (2021)
- [2] Fakultet elektrotehnike i računarstva, »Znanstveni centar izvrsnosti za znanost o podacima i kooperativne sustave,« [Mrežno]. Dostupno na <https://across-datascience.zci.hr>.
- [3] Salts, S. Jeffrey; Stanton, M. Jeffrey: *An Introduction to Data Science*, SAGE Publications Inc., ISBN 978-1506377537, Los Angeles, (2018)
- [4] Grundel, Don; Murphey, Robert; Pardalos, Panos; Prokopyev, Oleg (Eds): *Cooperative Systems: Control and Optimization*, Springer, ISBN 978-3540482703, Heidelberg, (2007)