

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/12



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0219
Naslov programa	Modeliranje, simulacija in vodenje procesov Modelling, simulation and control of processes
Vodja programa	10742 Igor Škrjanc
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	18360
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program je razdeljen na dva večja sklopa **Modeliranje, simulacija in vodenje kompleksnih sistemov** in **Avtonomni mobilni sistemi**.

Prvi sklop, ki vsebuje področje modeliranja, simulacije in vodenja zaradi svojega infrastrukturnega značaja posega na najrazličnejše problemske domene. V tem primeru gre za prepletanje temeljnih in aplikativnih raziskav, s poudarkom na razvijanju novih metod pri modeliranju, identifikaciji in vodenju ter njihovem prenosu v prakso. Cilj prvega sklopa je v osvajanju znanj in v razvoju novih metod, ki temeljijo na kombinaciji sodobnih in klasičnih pristopov, v smislu doseganja čim učinkovitejšega in čim uporabnejšega modeliranja in vodenja. Problemsko pa se bomo orientirali na področja bio znanosti, ekologije, energetike v stavbah in procesne industrije. Prvi sklop je razdeljen na tri področja. Prvo je področje modeliranja in simulacije, kjer bomo raziskali z modeli podprto načrtovanje krmilne logike, modeliranje in analizo dinamike proizvodnih kazalnikov, optimizacija procesa taljenja jekla v EOP na osnovi modela procesa in raziskali možnosti uporabe pametnih senzorjev pri procesu v EOP ter raziskali možnosti optimizacije energetske učinkovitosti objektov in bivalnega udobja. Na drugem področju bomo analizirali samorazvijajoče se in moderne metode identifikacije sistemov in mehkih modelov in izdelali programski paket za identifikacijo nelinearnih modelov. Razvili bomo tudi hibridno metodo identifikacije nelinearnih sistemov. Tretje je področje naprednih metod in optimizacije v vodenju, kjer bomo raziskali vodenje in optimizacijo regulatorjev na osnovi intervalnih mehkih modelov, adaptivno vodenje nelinearnih časovno spremenljivih procesov in vodenje sistemov s spremenljivim mrtvim časom in občasnimi razklopitvami povratne zanke.

Drugi sklop, ki je problemsko in aplikativno orientiran so avtonomni mobilni sistemi (AMS). Naše dosedanje aktivnosti so bile osredotočene na pridobivanje posameznih metodoloških znanj ter uporabo teh v nekaterih aplikacijah (kolesni roboti, letala in sateliti). Ta znanja vključujejo različne pristope vodenja AMS (prediktivno, sledenje trajektoriji, mehko vodenje, slikovno vodenje), senzorsko (obdelava informacije s senzorjev, modeliranje, mehki senzori), fuzijo informacij z različnih senzorjev za namene lokalizacije, kartiranja in vodenja ter pristope planiranja poti in izogibanja ovir. Sklop je razdeljen na štiri raziskovalna področja. Na prvem bomo raziskali robustno vodenje pri sledenju mobilnega sistema trajektoriji. Na drugem področju se bomo ukvarjali z raziskovanjem možnih načinov integracije vgradnih sistemov v avtonomne mobilne sisteme. Na tretjem področju bomo raziskovali fuzijo različnih senzorskih sklopov v lokalizaciji avtonomnih mobilnih sistemih. V četrtem področju pa bomo razvili in izdelali inteligentno vodenje za avtonomni mobilni sistem za rehabilitacijo in pomoč ostarelim osebam.

ANG

The research program is divided into two major parts: **Modeling, simulation and control of complex systems** and the part about **Autonomous mobile systems**.

The first part, which contains the area of modeling, simulation and control covers, due to their infrastructural nature, a broad range of diverse problem domains, and research approaches what requires an integral and comprehensive approach. In this case, the overlapping between basic and applied research, with emphasis to the development of new methods for modeling, identification and control and their transfer into practice is planned. The goal is the development of new methods based on a combination of modern and classical approaches in terms of achieving the most efficient and more useful modelling and control. From the problem point of view, we will focus our research to the bio science, ecology, energy in buildings and process industries. This part is divided into three areas. The first one is the area of modeling and simulation, where we will investigate model based design of logic control, modeling and analysis of the dynamics of production indicators, optimization of the EAF steel recycling process and investigate the possibility of using smart sensors in the process of EAF as well as the possibilities to optimize energy efficiency of buildings and living comfort. In the second area we will investigate modern methods of identification systems, analyze evolving mechanisms for identification of fuzzy models, create a software package for identification and develop a new hybrid method of nonlinear system identification. The third area is devoted to the research of control and optimization methods based on interval fuzzy models, the adaptive control of nonlinear timevarying processes and control of the systems with variable dead-time.

The second part, which is problem and application oriented, are autonomous mobile systems (AMS). Our current activities are focused on getting methodological skills and use them in

certain applications (wheeled robots, airplanes and satellites). These skills include a variety of approaches from the field of AMS: control (predictive, fuzzy and visualbased control), trajectory tracking, obstacles avoidance and trajectory planning, sensors (processing information from sensors, modeling and soft sensors), fusion of information from different sensors for the purpose of localization, mapping and control. This part is divided into four research areas. In the first a robust control system for trajectory tracking of autonomous mobile system is investigated. The second area is dealing with integration of embedded systems in autonomous mobile systems. In the third area the fusion of different sensors for the localization of autonomous mobile systems will be investigated and in the fourth area the intelligent control of autonomous mobile system for rehabilitation and assistance to elderly people will be developed and implemented.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

1. Modeliranje in simulacija

Modeliranje in simulacija na področju sistemske biologije, biomedicine, nevrologije in farmacije

Podali smo stanje področja [[7378260](#)], se ukvarjali s kvaliteto tablet [[7095124](#), [7507796](#)], socio ekonomskimi vidiki bolezni [[6938452](#), [8141908](#)], signali EEG [[6945364](#), [7559252](#), [8106324](#), [8166228](#), [8089172](#), [9459284](#), [9305428](#)], terapevtskimi učinki beta-blokatorjev [[7882580](#), [7759700](#), [7938644](#), [8956244](#)], biosintezo holesterola [[7941460](#), [29523161](#), [27512281](#), [9718356](#)], učinkovitostjo shujševalnih metod [[9951572](#)], vplivom encimov na metabolizem zdravil [[9068372](#)], molekularnim vplivom med boleznijo jeter in metabolizmom [[9612116](#)], uporabili haptičnega robota za nevrološke raziskave [[9721684](#)] in predstavili prvi integrirani model človeškega metabolizma z regulacijo v več slojih za raziskovanje bolezni jeter [[31756505](#)].

Modeliranje procesov v industriji

Modelirali smo električno obločno peč [[8159572](#), [8195156](#), [8909140](#), [8909396](#), [9164628](#), [9345620](#), [7910740](#), [7888212](#)], avtoklav [[8152148](#)], cevovod [[10005332](#)], turbine [[10430292](#)], proizvodnjo za celostno vodenje [[26263079](#), [26628135](#)], zaznavali napake v skladu gorivnih celic [[26476327](#)] in predstavili izkušnje pri večdomenskem modeliranju [[9321044](#)].

Mehke metode identifikacije

Razvili smo različne metode mehke identifikacije [[6931284](#), [7724884](#), [8754004](#), [8754260](#), [7601748](#), [8183124](#), [7933012](#), [8730708](#), [10386772](#)], identificirali šaržni reaktor [[7888468](#), [8042580](#)], interval zaupanja pri spreminjajoči se varianci podatkov [[8208724](#)], vpeljali hierarhični algoritem rojenja [[8730964](#)], obravnavali predikcijo prodaje [[9247060](#)], načrtovanje eksperimentov za identifikacijo samorazvijajočih se mehkih modelov [[10639700](#)] in uporabili samorazvijajoči se mehki model za nadzor čistilne naprave [[10889556](#)].

Objektno orientirano modeliranje

Modelirali smo toplotne in svetlobne toke [[7149140](#), [7242068](#), [6917972](#), [7198804](#)], proizvodnjo kamene volne [[7317332](#), [7762516](#)], humanega robota [[11349531](#)], raziskali numerične vidike modeliranja transporta tekočin [[7905108](#)], verificirali model EOO [[7985236](#)], modelirali vesoljsko

plovilo [[8089428](#), [7888724](#)], letalo [[7833428](#)], hidravliko za premikanje elektrod [[7910740](#)], predstavili izkušnje z modeliranjem pri poučevanju in aplikacijah [[7882324](#)] in paket LABI [[7882068](#)].

Uporaba metod umetne inteligence pri identifikaciji diskretnodogodkovnih in hibridnih modelov

Modelirali smo tehnološki proces za razvrščanje opravi ali druge vrste optimizacije [[22934823](#), [7389780](#), [7293012](#), [6927700](#)], modeliranje z Bayesovim filtriranjem [[7445076](#)], razvrščanje z obarvanimi petrijevimi mrežami [[8126292](#)] in evolucijski algoritem z grafi

[[9263444](#)].

2. Kompleksni sistemi vodenja

Načrtovanje zahtevnih sistemov vodenja

Raziskali smo možnost preproste realizacije zahtevnih metod [[7210068](#), [7440468](#), [7601236](#)], sistem vodenja satelitov [[7858772](#), [7737172](#), [8017236](#), [7598676](#)], šaržnega reaktorja z inverznim modelom, [[7910484](#), [7601236](#), [8040532](#)], prediktivno vodenje z uporabo optimizacije [[7863380](#)], regulator z 2 prostostnima stopnjama [[7896148](#), [10289236](#)], mehki regulator za helikoptersko roko [[9669204](#)], metodo za nelinearno vodenje [[9689940](#)], sistem za napredno vodenje s PLK-ji [[26893351](#)], regulacijo kakovosti zraka [[10492244](#)] in integracijo obnovljivih virov energije [[13413403](#)].

Metode prediktivnega vodenja

Razvili smo multivariabilno prediktivno vodenje avtoklava [[9675604](#)], različne principe vodenja hibridnih sistemov [[7210068](#), [7440468](#), [6918228](#), [7601236](#), [10327892](#)], vodenje letala na osnovi slike [[24292903](#)], vodenje z Wienerjevim modelom [[7440468](#)], z mešanimi vhodnimi signali [[7851092](#)], z inverznim hibridnim mehkim modelom [[8040532](#)], regulacijo debeline mineralne volne [[8753748](#)], primerjali pristopa za vodenje helikopterske roke [[9669204](#)], vodili električni motor s samonastavljivimi regulatorji [[8992852](#)] in predstavili zbirko metod za prediktivno vodenje kompleksnih sistemov [[9548628](#)].

Vodenje toplotnih in svetlobnih tokov v stavbi

Izvedli smo študije vodenja v inteligentnih stavbah [[7198804](#)], ocenjevali osvetljenost [[10309972](#)], razvili simulator notranjega okolja [[10062676](#)] i vodili HVAC sistem [[10726484](#)].

Mehko adaptivno vodenje nelinearnih sistemov

Razvili smo adaptivni zakon [[7899476](#)], robustno mehko adaptivno vodenje [[9765972](#), [10439508](#)], vodenje z adaptivnim mehkim modelom [[7677524](#), [7728980](#)], mehki adaptivni zakon s puščanjem [[9169492](#)] in različne samonastavljive regulatorje [[7210068](#), [7442004](#), [7047508](#), [7316308](#)].

E-učenje

Predstavili smo multivariabilno vodenje z oddaljenim dostopom [\[8105812\]](#), tekmovanje v umetnem in pravem laboratorijskem okolju [\[8106068\]](#), modeliranje hidravličnih modelov za e-učenje [\[9404500\]](#) in vlogo internetno dostopnih laboratorijskih naprav [\[8985684\]](#).

3. Avtonomni mobilni sistemi

Vodenje in upravljanje avtonomnih mobilnih sistemov

Razvili smo algoritem za načrtovanje gibanja [\[7016020\]](#), [\[7315796\]](#), [\[7147604\]](#), [\[7017812\]](#), [\[7601492\]](#) in vodenja letočih sistemov [\[6894676\]](#), [\[7147348\]](#), [\[7198036\]](#), primerjali algoritma vodenja [\[7899220\]](#), [\[7857748\]](#), raziskovali sledenje trajektoriji formacij robotov [\[7601492\]](#), optimalno načrtovanje poti [\[7911508\]](#), [\[7841108\]](#), [\[7646804\]](#), [\[7315796\]](#), vodenje neholonomnih mobilnih sistemov [\[7700052\]](#), [\[10227284\]](#), dvokolesnih robotov [\[8127316\]](#), [\[8488020\]](#), višine satelita na osnovi slike [\[8577108\]](#), letenja v formaciji [\[9168980\]](#), vizualnega sledenja trajektoriji na osnovi modela [\[10127444\]](#) in ocenjevali homografijo iz krožnega gibanja za vodenje s strojnimi vidom [\[10622548\]](#).

Razpoznavanje in interpretacija okolice s pomočjo različnih senzorjev nameščenih na avtonomnih mobilnih sistemih

Razvili smo lokalizacijo z laserskim merilnikom razdalj [\[11041307\]](#), [\[7315284\]](#), analizirali oceno parametrov za opis prostora [\[7729236\]](#), razvili sistem za kalibracijo magnetnega kompasa [\[8511572\]](#), lokalizacijo robota z inercialnimi senzorji in senzorji moči signala Wi-Fi [\[9428564\]](#), vodili kvadrokopter na osnovi slike [\[13224731\]](#), [\[8881236\]](#), [\[8822100\]](#) in z oddaljenim zaznavanjem [\[10283604\]](#).

Navigacija na osnovi znanega načrta prostora in navigacija v neznanem okolju ter gradnja zemljevida neznanega okolja

Razvili smo navigacijo po začrtani poti za objekte v virtualnem okolju [\[7897940\]](#) in algoritem za lokalizacijo in kartiranje [\[7755348\]](#), [\[9250388\]](#), [\[9708116\]](#).

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Oceno stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev za obdobje 2009–2014 smo razdelili na predvidene sklope in podsklope.

V okviru sklopa **Modeliranje in simulacija** smo se ukvarjali z modeliranjem in simulacijo na področju systemske biologije, biomedicine, nevrologije in farmacije, modeliranjem procesov v industriji, mehkiimi metodami identifikacije, objektno orientiranim modeliranjem in uporabo metod umetne inteligence pri identifikaciji diskretnodogodkovnih in hibridnih modelov. V povezavi s sklopom Modeliranje in simulacija smo realizirali vse predvidene cilje in objavili 75 pomembnejših znanstvenih prispevkov.

V okviru sklopa **Kompleksni sistemi vodenja** smo raziskovali načrtovanje zahtevnih sistemov vodenja, metode prediktivnega vodenja, vodenje toplotnih in svetlobnih tokov v stavbi, mehko adaptivno vodenje nelinearnih sistemov in eučenje. V povezavi s sklopom Kompleksni sistemi vodenja smo realizirali vse predvidene cilje in objavili 49 pomembnejših znanstvenih prispevkov.

V okviru sklopa **Avtonomni mobilni sistemi** smo načrtovali vodenje in upravljanje

avtonomnih mobilnih sistemov, razpoznavali in interpretirali okolico s pomočjo različnih senzorjev, nameščenih na avtonomnih mobilnih sistemih, in se ukvarjali z navigacijo na osnovi znanega načrta prostora in navigacijo v neznanem okolju ter gradnjo zemljevida neznanega okolja. V povezavi s sklopom Avtonomni mobilni sistemi smo realizirali vse predvidene cilje in objavili 35 pomembnejših znanstvenih prispevkov.

V obdobju 2009–2014 smo člani programske skupine objavili 106 izvirnih znanstvenih člankov, 2 pregledna znanstvena članka, 1 strokovni članek, 194 konferenčnih prispevkov, od tega 5 vabljenih predavanj, 12 samostojnih znanstvenih sestavkov ali poglavij v monografski publikaciji, 3 intervjuje, 1 znanstveno monografijo, 13 univerzitetnih ali visokošolskih učbenikov z recenzijo, 6 doktorskih disertacij, 3 končna poročila o rezultatih raziskav, 24 elaboratov, 5 projektnih dokumentacij in 1 programsko opremo. Imeli smo 3 patentne prijave, 6 patentov, od tega 1 slovenski, 1 televizijsko oddajo, 2 radijski oddaji, 50 predavanj na tuji univerzi, 14 uredništev, od tega 9 v mednarodnih revijah, mentorstvo pri 13 doktorskih disertacijah in 2 doktorskih disertacijah na bolonjskem študiju, somentorstvo pri 1 doktorski disertaciji in 1 doktorski disertaciji na bolonjskem študiju, mentorstvo pri 5 magistrskih delih in 1 magistrskem delu na bolonjskem študiju, mentorstvo pri 14 specialističnih delih, mentorstvo pri 162 diplomskih nalogah in 19 diplomskih nalogah na bolonjskem študiju 1. stopnje, somentorstvo pri 6 diplomskih nalogah in 1 knjižni prevod.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

V raziskovalnem programu ni prišlo do sprememb.

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	10227284	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	O periodičnih zakonih vodenja za mobilne robote
		ANG	On periodic control laws for mobile robots
	Opis	SLO	V članku so obravnavani periodični regulacijski zakoni za vodenje kolesnih robotov z diferencialnim pogonom. Obravnavani sta dve družini robotov. V prvo skupino sodijo roboti, ki se lahko premikajo le v eno smer, v drugi pa so takšni, ki lahko vozijo tudi vzvratno. Predstavljen je tudi okvir za analizo stabilnosti in načrtovanja vodenja obeh skupin robotov z upoštevanjem stabilnosti po Ljapunovu. Predlaganih je nekaj oblik periodičnih Ljapunovih funkcij, ki privedejo do periodičnih regulacijskih zakonov.
		ANG	The paper deals with the control of differentially driven wheeled mobile robots. Two families of wheeled mobile robots are considered: those that are capable of forward motion only and those that can perform forward and backward motion. A unified framework for the control law analysis and design of both robot types is proposed. The control laws are developed within a Lyapunov stability analysis framework. Periodic Lyapunov functions are proposed, and the constructive procedure leads to periodic control laws.
Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on industrial electronics; 2014; Vol. 61, no. 7; str. 3660-3670; Impact Factor: 6.500;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.432; A": 1;A': 1; WoS: AC, IQ, OA; Avtorji / Authors: Blažič Sašo		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	10062676	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Simulator notranjega okolja za načrtovanje vodenja

		ANG	Indoor-environment simulator for control design purposes
Opis	SLO		V članku je predstavljen simulator, ki je bil razvit s pomočjo orodij Matlab in Simulink ter Dymola/Modelica. Simulator združuje tako regulacijski sistem, kot dinamiko notranjega okolja. Slednja je opisana s termičnim modelom, ki je bil razvit v programskem okolju Dymola/Modelica, in modelom osvetljenosti, ki je bil razvit ter parametriran, kot črna škatla na podlagi meritev v okolju Matlab. Simulator lahko posnema delovanje klasičnih ON/OFF regulatorjev, kot tudi mehkih regulatorjev. Članek opisuje načrtovanje simulatorja in vse njegove ključne elemente. Podrobno sta predstavljena termični model in model osvetljenosti. Na koncu so podani še rezultati delovanja simulatorja za izbrani dan.
	ANG		In the paper a simulator application developed in a combined Matlab/Simulink and Dymola/Modelica environment is presented. The simulator mirrors the functioning of the control system and the dynamics of the indoor environment, where the thermal model of the simulator was developed in the Dymola/Modelica environment, while the illuminance model was developed and parametrized as a blackbox model on the basis of measurements in the Matlab environment. The simulator can emulate the response of conventional ON/OFF controllers as well as fuzzy controllers. The paper presents the design of the simulator with all of the key elements described. The underlying models for the thermal and illuminance control are also separately described. Finally, the performance of the simulator is presented for a selected day.
Objavljeno v	Elsevier; Building and environment; 2013; Vol. 70; str. 60-72; Impact Factor: 2.700; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.121; A": 1; A': 1; WoS: FA, IH, IM; Avtorji / Authors: Tomažič Simon, Logar Vito, Kristl Živa, Krainer Aleš, Škrjanc Igor, Košir Mitja		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	8730708	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nelinearna identifikacija z uporabo Gustafson-Kessel rojenja in nadzorovanega učenja mreže lokalnih modelov za proces absorpcije zdravila	
	ANG	Nonlinear system identification by Gustafson-Kessel fuzzy clustering and supervised local model network learning for the drug absorption spectra process	
Opis	SLO	V članku je obravnavan problem mehke nelinearne identifikacije modela v okviru mreže lokalnih modelov (Local Model Network LMN). Predlagan je nov iterativen identifikacijski pristop, kjer sta za optimizacijo strukture LMN kombinirana pristopa nadzorovanega in nenadzorovanega učenja. Za namen prilagajanja centrov rojev nelinearnosti procesa je uporabljeno Gustafson-Kessel (GK) mehko rojenje, tj. nenadzorovano učenje. V kombinaciji s postopkom za učenje LMN je predlagana nova inkrementalna metoda za definiranje števila in začetnih položajev centrov rojev za GK algoritem. Vsak roj podatkov ustreza lokalnemu območju procesa in je modeliran z lokalnim linearnim modelom. Pripadnostne funkcije so izračunane iz mehkih kovarinačnih matrik rojev. Zato so pripadnostne funkcije zelo prilagodljive in proces je lahko opisan z majhnim številom lokalnih modelov. Predlagana metoda za gradnjo LMN je testirana na procesu spektra absorpcije zdravila in primerjana z dvema drugima metodama, imenovanima Lolimot in Hilomot. Primerjava med eksperimentalnimi rezultati dobljenimi z uporabo vseh treh metod kaže na uporabnost predlaganega identifikacijskega algoritma.	
		The paper deals with the problem of fuzzy nonlinear model identification in the framework of a local model network (LMN). A new iterative	

			<p>identification approach is proposed, where supervised and unsupervised learning are combined to optimize the structure of the LMN. For the purpose of fitting the clustercenters to the process nonlinearity, the Gustafsson–Kessel (GK) fuzzy clustering, i.e., unsupervised learning, is applied. In combination with the LMN learning procedure, a new incremental method to define the number and the initial locations of the cluster centers for the GK clustering algorithm is proposed. Each data cluster corresponds to a local region of the process and is modeled with a local linear model. Since the validity functions are calculated from the fuzzy covariance matrices of the clusters, they are highly adaptable and thus the process can be described with a very sparse amount of local models, i.e., with a parsimonious LMN model. The proposed method for constructing the LMN is finally teste on a drug absorption spectral process and compared to two other methods, namely, Lolimot and Hilomot. The comparison between the experimental results when using each method shows the usefulness of the proposed identification algorithm.</p>
	Objavljeno v		Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on neural networks; 2011; Vol. 22, no. 12; str. 1941-1951; Impact Factor: 2.952; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.023; A'': 1; A': 1; WoS: EP, ES, EX, IQ; Avtorji / Authors: Teslić Luka, Hartmann Benjamin, Nelles Oliver, Škrjanc Igor
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	8105812	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Daljinsko načrtovanje multivariabilnega vodenja s pomočjo tekmovanja
		ANG	Remote multivariable control design using a competition game
	Opis	SLO	V tem članku je predstavljeno nekaj tehnik učenja multivariabilnega vodenja s posebnim poudarkom na postopnem prehodu na eučenje. Uporabljeni pristop je izbran na osnovi razvitih projektov in realiziran na osnovi ECHO okolja, Matlaba in laboratorijske naprave.
		ANG	In this paper, some approaches to teaching multivariable control design are discussed, with special attention being devoted to a stepbystep transition to elearning. The approach put into practice and presented here is developed through design projects, from which one is chosen as a competition game and is realized using the ECHO system, Matlab, and a laboratory pilot plant.
	Objavljeno v		Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on education; 2011; Vol. 54, no. 1; str. 97-103; Impact Factor: 1.021; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.063; A'': 1; A': 1; WoS: HB, IQ; Avtorji / Authors: Atanasijević-Kunc Maja, Logar Vito, Karba Rihard, Papić Marko, Kos Andrej
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	9421652	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Prediktivno vodenje kompleksnih sistemov
		ANG	Predictive approaches to control of complex systems
	Opis	SLO	V monografije je predstavljeno področje in primeri prediktivnega vodenja kompleksnih sistemov s poudarkom na metodah, ki temeljijo na mehkih in mehkih hibridnih modelih.
		ANG	In this monograph the predictive approaches to complex systems are presented, with emphasis to the approaches which are based on fuzzy and fuzzy-hybrid models.
	Objavljeno v		Springer; 2013; Avtorji / Authors: Karer Gorazd, Škrjanc Igor
	Tipologija		2.01 Znanstvena monografija

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek					
1.	COBISS ID	9247060 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Reševanje problema predikcije prodaje z uporabo mehkih samorazvijajočih se metod</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Solving the sales prediction problem with fuzzy evolving methods</td> </tr> </table>	SLO	Reševanje problema predikcije prodaje z uporabo mehkih samorazvijajočih se metod	ANG	Solving the sales prediction problem with fuzzy evolving methods
SLO	Reševanje problema predikcije prodaje z uporabo mehkih samorazvijajočih se metod					
ANG	Solving the sales prediction problem with fuzzy evolving methods					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>S tem člankom in rešitvijo naloge smo dosegli zmago na mednarodnem tekmovanju na IEEE World Congress v Avstraliji s področja računalniške inteligence. V članku je predstavljen problem predikcije porabe goriva. Predstavljena je nova eFuMo metoda sprotnega učenja mehkega modela. Za predikcijo porabe bencina so bili zgrajeni mehki modeli z uporabo eTS, SAFIS in eFuMo metod. Njihovi rezultati so primerjani z linearnim ARX modelom. Iz rezultatov je vidno, da predlagana eFuMo metoda identificira mehki model natančneje kot nekatere uveljavljene metode identifikacije mehkega modela.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>With this paper and the solution of the given problem we won at the IEEE World Congress on Computational intelligence in Australia, organized by IEEE Computational Society. In the paper the problem of the petrol sales volume estimation is given. A new evolving method eFuMo is presented. The problem is solved using eTS, SAFIS and eFuMo. The results are compared to linear ARX model identified using RLS method. Results using static and prediction model are given. It is shown that the proposed eFuMo method gives better results than the established methods.</td> </tr> </table>	SLO	S tem člankom in rešitvijo naloge smo dosegli zmago na mednarodnem tekmovanju na IEEE World Congress v Avstraliji s področja računalniške inteligence. V članku je predstavljen problem predikcije porabe goriva. Predstavljena je nova eFuMo metoda sprotnega učenja mehkega modela. Za predikcijo porabe bencina so bili zgrajeni mehki modeli z uporabo eTS, SAFIS in eFuMo metod. Njihovi rezultati so primerjani z linearnim ARX modelom. Iz rezultatov je vidno, da predlagana eFuMo metoda identificira mehki model natančneje kot nekatere uveljavljene metode identifikacije mehkega modela.	ANG	With this paper and the solution of the given problem we won at the IEEE World Congress on Computational intelligence in Australia, organized by IEEE Computational Society. In the paper the problem of the petrol sales volume estimation is given. A new evolving method eFuMo is presented. The problem is solved using eTS, SAFIS and eFuMo. The results are compared to linear ARX model identified using RLS method. Results using static and prediction model are given. It is shown that the proposed eFuMo method gives better results than the established methods.
SLO	S tem člankom in rešitvijo naloge smo dosegli zmago na mednarodnem tekmovanju na IEEE World Congress v Avstraliji s področja računalniške inteligence. V članku je predstavljen problem predikcije porabe goriva. Predstavljena je nova eFuMo metoda sprotnega učenja mehkega modela. Za predikcijo porabe bencina so bili zgrajeni mehki modeli z uporabo eTS, SAFIS in eFuMo metod. Njihovi rezultati so primerjani z linearnim ARX modelom. Iz rezultatov je vidno, da predlagana eFuMo metoda identificira mehki model natančneje kot nekatere uveljavljene metode identifikacije mehkega modela.					
ANG	With this paper and the solution of the given problem we won at the IEEE World Congress on Computational intelligence in Australia, organized by IEEE Computational Society. In the paper the problem of the petrol sales volume estimation is given. A new evolving method eFuMo is presented. The problem is solved using eTS, SAFIS and eFuMo. The results are compared to linear ARX model identified using RLS method. Results using static and prediction model are given. It is shown that the proposed eFuMo method gives better results than the established methods.					
	Šifra	E.02 Mednarodne nagrade				
	Objavljeno v	IEEE; 2012 IEEE World Congresses on Computational Intelligence; 2012; Str. 308-315; Avtorji / Authors: Dovžan Dejan, Logar Vito, Škrjanc Igor				
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci				
2.	COBISS ID	9696596 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Programski senzor za sprotno oceno temperature taline v električni obločni peči (EOP)</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric furnace (EAF)</td> </tr> </table>	SLO	Programski senzor za sprotno oceno temperature taline v električni obločni peči (EOP)	ANG	Soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric furnace (EAF)
SLO	Programski senzor za sprotno oceno temperature taline v električni obločni peči (EOP)					
ANG	Soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric furnace (EAF)					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Mednarodni patent, ki opisuje idejo, zasnovo in realizacijo programskega senzorja za ocenjevanje temperature jeklene kopeli v električni obločni peči. Omeniti velja, da je programska skupina v tem obdobju prijavila 7 mednarodnih in 1 domači patent.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>International patent describing the idea, development and realization of a soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric arc furnace. It should be also mentioned that in the last program periode the research group has published 7 international and 1 domestic patent.</td> </tr> </table>	SLO	Mednarodni patent, ki opisuje idejo, zasnovo in realizacijo programskega senzorja za ocenjevanje temperature jeklene kopeli v električni obločni peči. Omeniti velja, da je programska skupina v tem obdobju prijavila 7 mednarodnih in 1 domači patent.	ANG	International patent describing the idea, development and realization of a soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric arc furnace. It should be also mentioned that in the last program periode the research group has published 7 international and 1 domestic patent.
SLO	Mednarodni patent, ki opisuje idejo, zasnovo in realizacijo programskega senzorja za ocenjevanje temperature jeklene kopeli v električni obločni peči. Omeniti velja, da je programska skupina v tem obdobju prijavila 7 mednarodnih in 1 domači patent.					
ANG	International patent describing the idea, development and realization of a soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric arc furnace. It should be also mentioned that in the last program periode the research group has published 7 international and 1 domestic patent.					
	Šifra	F.32 Mednarodni patent				
	Objavljeno v	Intellectual Property Office, Concept House; 2012; Avtorji / Authors: Logar Vito, Škrjanc Igor, Dovžan Dejan				
	Tipologija	2.23 Patentna prijava				
3.	COBISS ID	19316488 Vir: vpis v poročilo				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Uredništvo revije IEEE transactions on neural networks and learning systems</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	SLO	Uredništvo revije IEEE transactions on neural networks and learning systems		
SLO	Uredništvo revije IEEE transactions on neural networks and learning systems					

		ANG	Editorial board IEEE transactions on neural networks and learning systems
Opis	SLO		Član uredniškega odbora najpomembnejše revije s področja inteligentnih sistemov (prva revija s področja). Člani programske skupine so uredniki v 9 mednarodnih in 5 domačih revijah.
	ANG		Member of editorial board of the most important journal from the area of intelligent systems (first journal from the field). The members of the program group are in the editorial board of 9 international and in 5 domestic journals.
Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije		
Objavljeno v	Cobiss		
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo		
4.	COBISS ID	10340180	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Orodje za enostavno načrtovanje vodenja	
	ANG	Plug & play control toolbox	
Opis	SLO	Izdelava nove programske opreme za hitro in enostavno načrtovanje sistemov vodenja. Paket je bil razvit v okviru Kompetenčnega centra Sodobne tehnologije vodenja in je bil implementiran na nekaj realnih procesih v industriji.	
	ANG	Plug & play control toolbox for rapid and easy design of control systems. The software package was developed in the frame of Competence center Advanced Control Technologies and implemented on real processes in the industry.	
Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka		
Objavljeno v	Fakulteta za elektrotehniko, LMSV;LAMS; 2013; 1 optični disk (CD-ROM); Avtorji / Authors: Blazinšek Martin, Arh Matija, Škrjanc Igor		
Tipologija	2.21 Programska oprema		
5.	COBISS ID	7882324	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Modeliranje fizikalnih pojavov	
	ANG	Physical modelling	
Opis	SLO	Naš član je imel vabljen predavanje v okviru pomembne mednarodne konference EUROSIM 2010, kjer je predstavil koncept modeliranja fizikalnih pojavov z različnimi tehnikami in primeri. Člani programa so imeli 3 vabljen predavanja na mednarodnih konferencah in 44 vabljenih predavanj na tujih univerzah.	
	ANG	The member of our group had the invited lecture in the frame of important international conference EUROSIM 2010, where he presented the concept of physical modelling using different techniques and examples. The members of the programme group had 3 invited lectures at the international conferences and 44 invited lectures at foreign universities.	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	Czech Technical University in Prague; EUROSIM 2010; 2010; Str. 1-17; Avtorji / Authors: Zupančič Borut, Sodja Anton		
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)		

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Člani raziskovalnega programa so leta 2013 in 2014 organizirali tekmovanje avtonomnih Lego-MindStorm robotov za študente Fakultete za elektrotehniko. Tekmovanje namenjeno razširjanju znanja študentov in promociji področja avtomatike. Poleg tega so v letih 2012, 2013 in 2014 organizirali poletno šolo mobilnih robotskih sistemov za učence osnovnih in srednjih šol. Tudi v tem primeru gre za razširjanje znanja s tega področja in promocijo področja avtomatike.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Naš raziskovalni program je razdeljen na dva osnovna sklopa. Prvi sklop, kjer se ukvarjamo z modeliranjem, simulacijo in vodenjem je usmerjen v temeljne raziskave na teh področjih in v možnostih uporabe razvitih in novih metod v praktičnih aplikacijah. Sklop avtonomnih mobilnih sistemov pa je problemsko orientiran in je večja pozornost posvečena implementaciji razvitih metod na tovrstnih sistemih. Posebno velik poudarek v obeh sklopih bo v povezovanju klasičnih teoretičnih principov in metod z metodami umetne inteligence in v študiju njihove praktične uporabnosti (implementacijska tehnologija).

Mednarodno relevantno predlaganih raziskav lahko utemeljimo s prednostnimi področji v okviru Obzorja 2020. Predlagane raziskave spadajo predvsem v področje Living Online v podpodročja Environment, Mobility in Smart Cities in v področje Science & Technology, kjer so najpomembnejša podpodročja Robotics in Components & Systems in s predlaganimi prednostnimi področji v okviru Strategije pametne specializacije, s pomočjo katere želi Slovenija osredotočiti vlaganja razvojnih sredstev v raziskave, razvoj in inovacije na področjih, ki bodo prinesla največje učinke na gospodarstvo. Ena od ključnih prioritet je tudi področje Proizvodne, procesne in informacijsko komunikacijske tehnologije, kamor sodijo tudi naše raziskave. Relevantnost predlaganega programa pa lahko ugotavljamo tudi skozi primerljivost s programi podobnih skupin po svetu in pripravljenost za sodelovanje v projektih Obzorja 2020. Hkrati pa je potrebno zadržati določeno ravnotežje med domačimi potrebami in svetovnimi trendi, saj moramo poleg raziskovalnega dela razvijati in posodabljati tudi programe izobraževanja. Pri tem gre tako za horizontalno, kot tudi za vertikalno prenašanje znanja z uporabo in izkoriščanjem sodobnih medijskih in komunikacijskih tehnologij.

Določena predlagana področja so bila do sedaj že delno raziskana in ima skupina na njih že odmevne rezultate in objave, ki jih bomo v prihodnosti nadgradili, druga področja pa bodo dala povsem nove rešitve z novimi rezultati.

ANG

Our research interest covers two fields – first one deals with modelling, simulation and control being focused on fundamental research in these areas. This field also tries to introduce the known and newly developed methods into the real world applications. The second field that deals with autonomous mobile systems emphasizes the usage of the newly developed methods in practical applications of such systems. Both fields are highly focused on integration of classical theoretical principles, methods based on artificial intelligence and practical implementation studies (implementation technologies).

International relevance of the proposed research fields can be justified by priority areas of the framework Horizon 2020. Proposed research fields fall in particular into the scope of Living Online, scopes of Environment, Mobility and Smart Cities and the scope of Science & Technology, covering the important research area of Robotics and Components & Systems. Proposed research fields also coincide with the proposed priority areas within the smart specialization strategies (Strategija pametne specializacije) by which Slovenia is planning to focus the investments and funding into the research, development and innovation of fields, which would yield the greatest effects on the economy. Our research fields are also a part of one of the Slovenia's key priorities in the area of Production, processing, and information communication technologies. Relevance of the proposed program can be observed by comparing it with programs of similar groups around the world and by the plans to participate in the framework Horizon 2020 projects. However, it is necessary to keep a certain balance between domestic needs and global trends as well as a balance between research and evolving/updating the

educational programs. This is achieved by both horizontal and vertical knowledge transfer through the use and exploitation of modern media and communications technologies.

Certain areas of the proposed research areas have already been partially investigated and the group have already produced valuable results and publications, which will be further upgraded. Our research of other presented areas will provide brand new solutions with new results.

9.2.Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Predlagana prednostna področja s pomočjo katerih želi Slovenija osredotočiti vlaganja razvojnih sredstev v raziskave, razvoj in inovacije na področjih, ki bodo prinesla največje učinke na gospodarstvo so definirana v dokumentu Strategije pametne specializacije. Ena od ključnih prioritet je tudi področje Proizvodne, procesne in informacijsko komunikacijske tehnologij, kamor sodijo tudi naše raziskave. V primeru Tehnologije vodenja gre za področje, ki ima izrazite večkratne učinke na družbo, ki se odražajo na množici zelo pomembnih dejavnikov, ki postajajo s časom samo še pomembnejši. Gre za dejavnike kot so zmanjšanje porabe energije, surovin in onesnaženja okolja, fleksibilnost proizvodnje in kvaliteta proizvodov, dodana vrednost, humanizacija delovnih mest, aspekti trajnostnega razvoja itd. Na ta način je področje Tehnologije vodenja ena od strateških usmeritev v svetu in tudi pri nas, še posebno zaradi trenutnih zaostankov na tem področju. Rezultati raziskav naj bi prispevali k dvigu konkurenčnosti in usposobljenosti storitvenih organizacij in industrije, posredno omogočili ustrezno izobraževanje kadrov v smislu najnovejših dognanj in doprinesli k ustvarjanju inovativnih okolij z novimi delovnimi mesti. Seveda pa izboljšanje omenjenih dejavnikov lahko pomembno pozitivno vpliva posredno tudi na zdravstvo, okolje, obrambo itd. Pričakujemo pa lahko tudi promocijske učinke skozi znanstvene in strokovne objave, organizacijo strokovnih srečanj pa tudi preko naših mednarodnih povezav.

Največji neposredni vpliv naših raziskav pa se bo najverjetneje kazal na dejstvu, da skupina predstavlja najpomembnejšo izobraževalno organizacijo na področju tehnologije vodenja. Skupina izobrazi več kot polovico slovenskih kadrov na področju, ki so trenutno zelo iskani in se povpraševanje še povečuje. Rezultati raziskav bodo sproti dopolnjevali in posodobljali znanja, ki bodo del pedagoškega procesa na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani.

Ob dobro organiziranih mehanizmih vsakovrstnih prenosov znanj, kjer imamo dolgoletne izkušnje, lahko pričakujemo uspešno raziskovalno in pedagoško delo, pri čemer je seveda pomembna tudi aktualnost in atraktivnost obravnavanih problemskih domen. Diseminacija rezultatov bo obsegala znanstvene objave, konferenčne prispevke, promocijske aktivnosti, seznanjanje javnosti z dosežki v medijih in na internetu, tečaje vseživljenjskega izobraževanja in v našem primeru redni pedagoški proces na vseh nivojih ter mentorstva pri zaključnih delih in mentorstva mladim raziskovalcem.

Nenazadnje pa o vplivnosti skupine in njenih družbeno-ekonomskih učinkih govori tudi dejstvo, da so njeni člani ustanovili tako Društvo avtomatikov Slovenije kakor tudi Slovensko društvo za simulacijo in modeliranje ter predsedovali evropski federaciji EUROSIM v obdobju 2004-07.

Vse to pomeni, da gre za zelo pomembne vplive in učinke na razvoj stroke na inženirsko prakso in tudi družbeno-ekonomski razvoj Slovenije.

ANG

Our research is a part of an area called Production, process, information and communication technologies, which is a one of the key areas according to the document Smart specialization strategies. This document defines the priority areas in which Slovenia tends to focus the investment of development funds regarding the research, development and innovations. The defined areas are supposed to gain the greatest effects on the economy.

Control technology is an area that has multiple profound effects on society reflected through a variety of important factors from the aspects of sustainable development such as: decrease of energy consumption, materials and pollution, increase of product quality, added value and improvement of working conditions. The Control technology area is therefore one of the

strategic directions for the world and also Slovenia, especially due to current backlog of our industry in this area.

The research results should contribute to higher competitiveness and competence of service organizations and industry. This should also have an indirect impact on society by enabling an adequate training of the personnel and informing them of high-tech approaches, knowledge and findings regarding the control strategies as well as to create a more innovative working environment and new jobs.

The improvement of the above mentioned factors can also have a beneficial effects on the area of population health care, the environment, defense, etc.

As previous experience show, the promotional aspects can be expected through journal publications and conferences, which will help maintain the position as one of the leading research groups in the field of modeling and control in Europe.

The major indirect effect of our research will be visible in the educational process at the Faculty of electrical engineering, University of Ljubljana. Our educational process is constantly complemented by our and others current research results. So we are constantly transferring new knowledge and technologies to the industry through our students. This is especially important since our group represents one of the most important educational institution in the field of control technologies in Slovenia, educating more than half of Slovenian control engineers, which are highly wanted both at home and abroad.

Last but not least, the influence of the group and its socio-economic effects is also reflected through the fact that their members were the leading founders of the Slovenian automation society and Slovenian simulation and modelling society and they chaired the Federation of European Simulation EUROSIM from 2004 to 2007.

The above-mentioned facts show the importance of our group for the profession, engineering practice and socio-economic development of Slovenia.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	19
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	162

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
31982	Matevž Bošnjak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30681	Dejan Dovžan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29552	Anton Sodja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28468	Luka Teslić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27517	Vito Logar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25418	Gorazd Karer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28995	Miha Menard	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Jan Zupančič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

33743	Iztok Bratuž	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Klemen Trtnik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
37396	Aleksander Preglej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29716	Tine Tomažič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33316	Miha Glavan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Simon Štampar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30654	Rok Markovič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30702	Jernej Rozman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26477	Satja Lumbar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22329	Sebastjan Zorzut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37400	Marko Corn	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Blaž Zadavec	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
31982	Matevž Bošnjak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
30681	Dejan Dovžan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29552	Anton Sodja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
28468	Luka Teslić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
27517	Vito Logar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
25418	Gorazd Karer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29716	Tine Tomažič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
30654	Rok Markovič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
30702	Jernej Rozman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
26477	Satja Lumbar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
22329	Sebastjan Zorzut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
37396	Aleksander Preglej	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
33316	Miha Glavan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
37400	Marko Corn	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Alfredo Núñez Vicencio	C - študent - doktorand	6	
0	Eduard Ribar	C - študent - doktorand	3	
0	Amirhossein Fathi	C - študent - doktorand	9	
36139	Adviti Naik	C - študent - doktorand	15	
37400	Marko Corn	A - raziskovalec/strokovnjak	8	
37396	Aleksander Preglej	A - raziskovalec/strokovnjak	3	
0	Benjamin Hartmann	C - študent - doktorand	2	
0	El-Hadi Guechi	C - študent - doktorand	4	
0	Andreas Körner	C - študent - doktorand	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent - doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Raziskovalna skupina je bila v preteklosti vseskozi trdno vpeta tudi v mednarodno raziskovalno sfero. Bili smo nosilci ali pa smo sodelovali v vrsti evropskih projektov kot so: TEMPUS, COPERNICUS, 5. okvirni program EU, v projektih SOCRATES-ERASMUS in v 6. okvirnem programu EU, trenutno pa sta v oceni dva projekta v okviru Obzorja 2020. v Preteklosti smo sodelovali tudi v številnih bilateralnih projektih in povezavah, ki se po svoji vsebini navezujejo na raziskovalni program (Anglija, Avstrija, Argentina, Čile, Češka, Brazilija, BiH, Hrvaška, Francija, Nemčija, Japonska). Predvidevamo pa še več raznih povezovanj skozi projekte v okviru Obzorja 2020. Člani skupine so tudi uredniki najpomembnejših strokovnih revij (IEEE Transaction on Fuzzy Systems, IEEE on Neural Networks and Learning Systems) področja in člani raznih strokovnih teles v pomembnih strokovnih organizacijah (IFAC, IEEE CI).

Naša številna sodelovanja in povezave tako doma kot v tujini, omogočajo dobro raziskovalno okolje, ki sledi tako domačim potrebam kot tudi svetovnim trendom.

Raziskovalni projekti:

Mednarodni:

- raziskovalni program Evropske unije FP7 Support for training and career development of researchers (Marie Curie) ITN FightingDrugFailure, Priorities and Standards in Pharmacogenomic Research: Opportunities for a safer and more efficient pharmacotherapy (PITN-GA-2009-238132) (Belič)

Bilateralna sodelovanja:

- Madžarska, BI-HU/09-10-010, Poskusi ter matematično modeliranje metabolizma holesterola in različnih zdravilnih učinkovin v povezavi s cirkadnim ritmom (Belič),
- Kitajska, BI-CN/09-11-021, Raziskava popolnega digitalnega vodenja reluktančnega servo motornega pogona za robotske sklepe (Matko),
- BiH, BI-BA/10-11-004, Vodenje preko omrežja (Škrjanc),

- Avstrija, BI-AT/11-12-002, E-učenje na področju modeliranja, simulacije in vodenja sistemov (Škrjanc),
- Češka, BI-CZ/11-12, Moderni algoritmi za adaptivno mehko vodenje (Škrjanc).

Vabljeni predavanja:

- 44 vabljenih predavanj na tujih univerzah,
- 7 vabljenih predavanj na mednarodnih konferencah.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

Domači projekti za industrijo:

- Modeliranje termo procesnih naprav v okolju Dymola-Modelica, za IZOTEH d.o.o. (Zupančič),
- Uporaba virtualnega bojišča za potrebe analize procesov in urjena postopkov v SV – VB, za podjetje Zootfly d.o.o. v okviru TP-MIR 2008/2009 (Matko),
- razvoj večnamenskega samonastavljivega prediktivnega regulatorja za podjetje INEA d.o.o. (Škrjanc),
- razvoj prediktivnega vodenja za šaržni reaktor za podjetje Metronik d.o.o. (Škrjanc),
- Kombinirana 9Dof in radijska lokalizacija za podjetje Visionect d.o.o. v okviru projekta VALOR (Škrjanc),
- Modeliranje biološkega procesa za Lek d.d., BIO 07/2009 in BIO 08/2010 (Belič),
- Razvoj simulatorja in vodenje temperature in osvetljenosti v prostoru za Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani (Škrjanc),
- Samonastavljivi regulator za podjetje EVON GmbH, Avstrija (Škrjanc),
- Modeliranje, identifikacija in vodenje klimatske naprave za podjetje KLIMAL d.o.o. (Škrjanc),
- Posodobitev algoritmov vodenja v procesih v podjetju KRKA d.d., Novo mesto skupaj s podjetjem Metronik d.o.o. (Škrjanc),
- European Space Moon Orbiter za Surrey Satellite Technology Limited (Blažič),
- Razvij algoritma za optimizacijo parametrov procesa, Dewesoft d.o.o. (Blažič),
- Raziskava konceptualnih lastnosti sistemov za izboljšanje dobavnih verig, IRI (Mušič),
- Napredni modeli in IT rešitve za sprotno analizo in optimizacijo proizvodne učinkovitosti, IRI (Mušič),
- sodelovanje v Centeru odličnosti vesolje (Matko),
- sodelovanje v Kompetenčnem centru za sodobne tehnologije vodenja (Škrjanc).

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Večina rezultatov programa je na zadovoljivi stopnji tehnološke zrelosti in je primerna za implementacijo v praksi.

V sklopu **Modeliranje in simulacija** je ocena tehnološke zrelosti rezultatov zelo visoka predvsem v primeru simulatorja električne obločne peči, kjer bi bilo za implementacijo v prakso potrebno izvesti dodatne meritve na določeni peči in z metodo estimacije določenih parametrov le te prilagoditi, da bi ustrezno simuliral dogajanje v procesu. Prav tako so do tega nivoja razviti modeli biosinteze holesterola, modeli molekularnih vplivov med nealkoholno boleznijo jeter in ksenobiotskim metabolizmom in modeli motoričnih funkcij, ki smo jih dobili na osnovi analize EEG.

V sklopu **Kompleksni sistemi vodenja** je stopnja tehnološke realizacije na nivoju preizkusa določenih algoritmov na realni napravah z uporabo programskega okolja MatlabSimulink. Za implementacijo v prakso bi bilo potrebno te algoritme prenesti v namensko strojno opremo. Do nivoja končne uporabe je bil razvit algoritem za samonastavljanje regulatorjev PID, PFC in mPF za vodenje električnih motorjev.

Pri raziskavah v sklopu **Avtonomni mobilni sistemi** je bilo razvitih nekaj metod, ki so bile razvite in realizirane do te mere, da omogočajo enostavno implementacijo v prakso. Razvili smo algoritem za regulacijo višine satelita na osnovi slike, ki je pripravljen do te mere, da ga enostavno prenesemo v prakso. Raziskava in razvoj vodenja kvadrokopterja na osnovi ocenjevanja položaja z inercialnimi senzorji in videosistemom z veliko zakasnitvijo ravno tako omogoča hiter prenos v prakso.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	100.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	20.000 EUR

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Članek v prvi reviji s področja: Simulator notranjega okolja za načrtovanje vodenja. Elsevier; Building and environment; 2013; Vol. 70; str. 60-72; Impact Factor: 2.700; A": 1; A': 1; WoS: FA, IH, IM; Avtorji / Authors: Tomažič Simon, Logar Vito, Kristl Živa, Krainer Aleš, Škrjanc Igor, Košir Mitja.

V članku je predstavljen simulator, ki je bil razvit s pomočjo orodij Matlab in Simulink ter Dymola/Modelica. Simulator združuje tako regulacijski sistem, kot dinamiko notranjega okolja. Slednja je opisana s termičnim modelom, ki je bil razvit v programskem okolju Dymola/Modelica, in modelom osvetljenosti, ki je bil razvit ter parametriran, kot črna škatla na podlagi meritev v okolju Matlab. Simulator lahko posnema delovanje klasičnih ON/OFF regulatorjev, kot tudi mehkih regulatorjev. Članek opisuje načrtovanje simulatorja in vse njegove ključne elemente. Podrobno sta predstavljena termični model in model osvetljenosti. Na koncu so podani še rezultati delovanja simulatorja za izbrani dan.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Mednarodni patent za programski senzor za sprotno oceno temperature taline v električni obločni peči (EOP).

Mednarodna patentna prijava, ki opisuje idejo, zasnovo in realizacijo programskega senzorja za ocenjevanje temperature jeklene kopeli v električni obločni peči. Omeniti velja, da je programska skupina v tem obdobju prijavila 7 mednarodnih in 1 domači patent.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s*

in

vodja raziskovalnega programa:

koncesijo):

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Igor Škrjanc

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	11.3.2015
-----------	-----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/12

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot prilonko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

F2-6D-22-E6-D8-A4-B8-86-89-FB-13-26-40-90-7A-73-0A-BE-9E-30

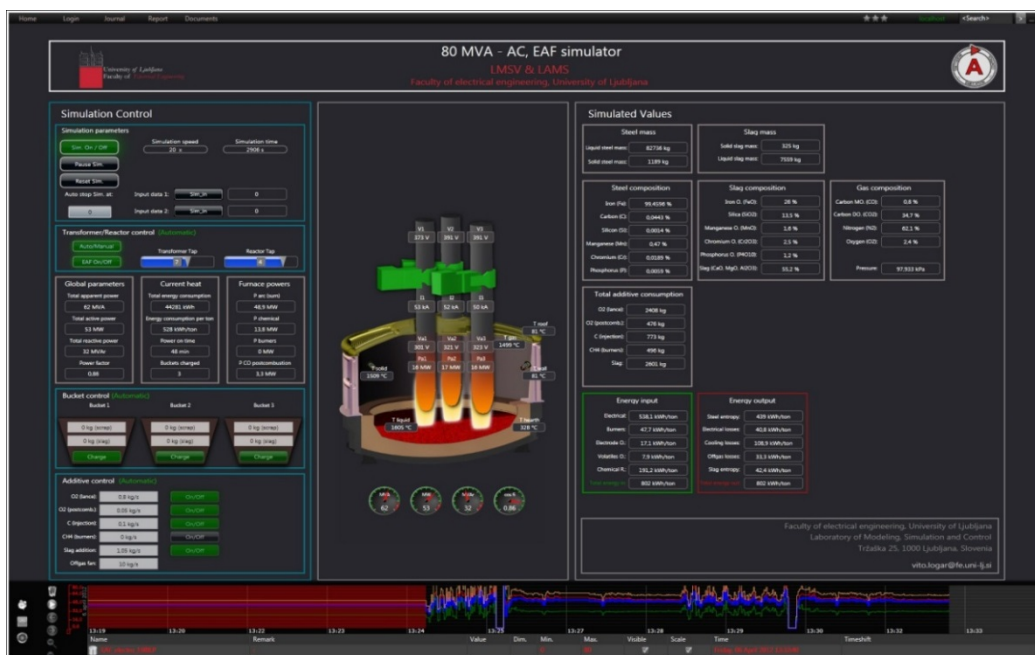
Priloga 1

VEDA: TEHNIKA

Področje: 2.06 – Sistemi in kibernatika

Dosežek 1: **Mednarodni patent: Programski senzor za sprotno oceno temperature taline v električni obločni peči (EOP).**

Vir: COBISS.SI-ID [9696596](https://cobiss.si/id/9696596)



Mednarodni patent, ki opisuje idejo, zasnovo in realizacijo programskega senzorja za ocenjevanje temperature jeklene kopeli v električni obločni peči. Omogoča spremljanje in vodenje kvalitete taline jekla v električni obločni peči. Temelji na dinamičnih matematičnih modelih celotnega procesa.

Modeliranje in validacija modela sta bila izvedena na realnih podatkih obratovanja 80MVA EOP, in sicer v okolju Matlab. Končna verzija simulatorja je implementirana v programskem paketu XAMControl (Evon Automation).