

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/47



## 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

<b>Šifra programa</b>	P2-0001
<b>Naslov programa</b>	Sistemi in vodenje Systems and control
<b>Vodja programa</b>	2561 Đani Juričić
<b>Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)</b>	81600
<b>Cenovni razred</b>	
<b>Trajanje programa</b>	01.2009 - 12.2014
<b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b>	106 Institut "Jožef Stefan"
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Povzetek raziskovalnega programa<sup>1</sup>

SLO

Vodenje je "skrita" infrastrukturna tehnologija, ki zagotavlja funkcionalnost naprav, sistemov in procesov. Z namenom celostne obravnave smo izvajanje programa organizirali v okviru treh tematskih sklopov:

### **1. sklop: Metodologije za analizo in načrtovanje sistemov vodenja**

1.1. Sinteza modelov nelinearnih (kompleksnih) dinamičnih sistemov. Fokus je na identifikaciji na podlagi modelov Gaussovih procesov in modelov z latentnimi strukturami, ki jih sistematično pridobimo iz podatkov z uporabo Bayesovega pristopa.

1.2. Napredni postopki vodenja zahtevnih sistemov. Raziskave obsegajo eksplicitno prediktivno vodenje, postopke na podlagi posebnih razredov nelinearnih modelov (Hammerstein, Wiener) ter postopke z razvrščanjem ojačanj.

1.3. Nadzor stanja sistemov in diagnostika napak. Fokus je na postopkih, ki temeljijo na parametričnih in statističnih modelih kakor tudi na spektralnih metodah primernih za nestacionarne kvazi-periodične procese pri strojih in bioloških sistemih.

### **2. sklop: Gradniki, orodja in znanja za implementacijo**

Poudarek je na razvoju orodij in gradnikov, ki so potrebni za uspešno implementacijo sodobnih rešitev vodenja.

2.1. Razvojno okolje za implementacijo sistemov vodenja. Poudarek je na razširitvi nabora algoritmov za prediktivne in multivariabilne regulatorje, kot tudi na razvoju kazalnikov vodenja.

2.2. Orodja in postopki sinteze programske opreme za vodenje. Dvig kakovosti in produktivnosti procesa razvoja programske opreme je eden odprtih problemov na področju implementacije sistemov vodenja. Poudarek je na domensko specifičnih modelirnih jeziki in razvojnih okoljih.

2.3. Namenski gradniki strojne opreme. Za izvedbo zahtevnih algoritmov v vgrajenih sistemih vodenja, velikokrat potrebujemo ne-standardne module. Za izvedbo le-teh se poslužujemo mikro-krmilnikov, DSP, FPGA ter postopkov digitalne obdelave signalov.

### **3. sklop: Uporabne raziskave in implementacija na ciljnih prioritarnih področjih**

3.1. Namenski vgrajeni sistemi vodenja. V tem sklopu obravnavamo različne probleme kot npr. (a) avtomatsko pristajanje letal s pomočjo vgrajene kamere (v okviru projekta 6 OP), (b) izpopolnitev sistema Cardio&Brain Signals za zajem medicinskih meritev in drugo.

3.2. Biološke čistilne naprave. Namen raziskav je (a) razvoj nadzornega sistema za celovito spremljanje delovanja čistilne naprave in (b) razvoj naprednih algoritmov vodenja, ki bodo prilagajali režim obratovanja čistilne naprave glede na spremenljive vhodne parametre.

3.3. Proizvodni procesi. Raziskave so motivirane s paradigmo "tovarn temelječih na znanju", t.j. uporabe modelov pri odločanju. Poudarek je na razvoju koncepta zaprtostančnega vodenja proizvodnje, temelječega na ključnih kazalnikih učinkovitosti proizvodnje (kPI-ji) in uporabi vgrajenih modelov.

3.4. Gorivne celice in obnovljivi viri energije. Da bi pospešili njihovo komercialno uporabo, se delo osredotoča na (a) optimizacijo regulacijskih zank in (b) optimalno integracijo posameznih delov agregatov v celoto.

ANG

Control is a "hidden" technology, which guarantees operation and functionality of the devices, systems and processes. For the sake the comprehensive treatment the programme is conducted along three major areas:

#### **Area 1: Methodologies for analysis and control systems design**

1.1. Modelling and identification of nonlinear and complex dynamic systems. Focus is on identification of nonlinear dynamic systems with Gaussian Process models (GP) and hidden Markov models by employing Bayesian approach.

1.2. Advanced control. The emphasis is on model-based predictive control (employing GP and state-space models), explicit predictive control, control of special classes of systems (e.g. Hammerstein and Wiener systems) and methods based on gain scheduling.

1.3. Condition monitoring and fault diagnosis. Attention is put on feature extraction of nonlinear, time-varying and stochastic systems and application of spectral methods for non-stationary and quasi-periodic processes in machines and biological systems.

#### **Area 2: Tools and building blocks for implementation**

In this area the emphasis is on the development of tools and building blocks that are missing for

efficient implementation of the advanced control solutions.

2.1. Environment for the control systems implementation. An extended set of tools encompassing advanced predictive and multivariable control and on-line performance indicators are developed.

2.2. Tools and methods for SW design. The efficiency and quality of the SW design for control systems are addressed. The emphasis is on the domain-specific modelling languages and development environments.

2.3. Dedicated HW modules. To allow implementation of advanced algorithms into embedded systems, non-standard modules are needed. We build them through a balanced utilization of microcontrollers, DSP's, FPGA's, digital signal processing, parallel architectures in FPGA and HW/SW co-design.

### **Area 3: Applied research in the priority domains**

3.1. Embedded control systems for special purpose. Various specific topics are addressed including (a) system for automatic landing of aircraft with built-in camera, (b) extension of the system Cardio&Brain Signals for acquisition of physiological data in non-medical applications etc.

3.2. Biological wastewater treatment plants. The aim is to raise performance via (a) the development of the overall plant monitoring system and (b) the development of the advanced control systems for optimization of the plant performance under variable operating conditions.

3.3. Production processes. The underlying idea is "knowledge-based factories", i.e. towards strong model-based support of the decision making. Focus is on the concept of close loop control based on key performance indicators and process models.

3.4. Fuel cells and renewable energy sources. To facilitate commercial exploitation research addresses the following issues: (a) optimal control of fuel cells and (b) improving performance of the accompanying modules in order to reach better overall efficiency.

### **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)<sup>2</sup>**

SLO

Raziskave so potekale v okviru treh medsebojno povezanih sklopov.

#### **1. sklop: Metodologije za analizo in načrtovanje sistemov vodenja**

##### *1.1. Sinteza modelov nelinearnih (kompleksnih) dinamičnih sistemov.*

Na področju nelinearnega modeliranja z Gaussovimi procesi smo razvili inovativne postopke za vključevanje predznanja, optimizacijo modelov ter sprotno učenje z uporabo koncepta samo-razvijajočih se modelov. Razvite pristope smo uporabili za modeliranje bioloških, okoljskih in prometnih sistemov.

V okviru identifikacije parametrov nelinearnih dinamičnih sistemov smo razvili nove postopke za napovedovanje procesov, katerih dinamiko lahko opišemo s skritim Markovskim procesom. Uporabili smo jih za napovedovanje časa do odpovedi mehanskih in elektrokemičnih sistemih.

##### *1.2. Napredni postopki vodenja zahtevnih sistemov.*

Razvili smo več postopkov za načrtovanje eksplicitnih prediktivnih regulatorjev, ki zmanjšujejo kompleksnost računanja in povečujejo stopnjo zanesljivosti izračunov. Razvite metode smo preizkusili na laboratorijskih napravah ter na modelu vertikalne stabilizacije položaja plazme fuzijskega tokamak reaktorja ITER.

Drugi del raziskav v tem okviru pa se je nanašal na naše tradicionalno področje nastavljanja PID regulatorjev. Že v preteklosti razvite metode MOMI smo razširili na multivariabilne sisteme in oscilatorne procese.

### *1.3. Nadzor stanja sistemov in diagnostika napak.*

Pomemben doprinos na tem področju predstavljajo novi postopki za diagnostiko in prognozo življenjske dobe rotacijskih pogonov v nestacionarnih razmerah. Postopki temeljijo na statistični obdelavi signalov in uporabi inovativnih entropijskih indeksov. Nekatere od teh metod smo uporabili pri implementaciji konkretnih diagnostičnih sistemov v industriji. Med novimi postopki za napovedovanje življenjske dobe pogonov v nestacionarnih razmerah izstopa robustni postopek za prognozo ležajev, ki sloni na konceptih Jensen-Renyeye entropije, divergence in kompleksnosti vibracijskega signala. Le-ta je prepoznan kot eden najbolj učinkovitih ta hip.

Pridobljene izkušnje smo uporabili za diagnostiko vlažnosti sklada PEM gorivnih celic. Problem ocenjevanja impedance celic smo formulirali kot problem ocenjevanja stanja dinamičnega sistema z uporabo razširjenega Kalmanovega filtra, kar je nov rezultat.

V širše področje diagnostike sodijo tudi raziskave, ki se ukvarjajo s problemom ugotavljanja globine anestezije. Že v preteklosti smo pokazali, da se pri prehodu med globoko in plitvo anestezijo ustrezno spremenijo tudi jakosti indeksov smeri sklopitve med določenimi EEG frekvenčnimi pasovi. Novi rezultati kažejo, da so omenjene spremembe robustne in ponovljive.

## 2. sklop: Gradniki, orodja in znanja za implementacijo

### *2.1. Razvojno okolje za implementacijo sistemov vodenja.*

Poudarek je bil na dograjevanju *orodja za hitro preizkušanje naprednih algoritmov vodenja* z algoritmi za določanje nelinearnosti procesa, algoritmi za multivariabilne regulatorje ter blokom, ki omogoča izvedbo eksplicitnega prediktivnega regulatorja. Orodje se je izkazalo kot zelo uporabno in ga že koristijo sistemski integratorji v malih podjetjih.

### *2.2. Orodja in postopki sinteze programske opreme za vodenje.*

Največji doprinos je izvorni pristop za razvoj programske opreme MAGICS (Modeling and Automatic Generation of Industrial process Control Software). Pristop sestoji iz dvonivojskega inženirskega procesa, razvojnih aktivnosti in smernic, formaliziranega modelirnega jezika ProcGraph ter podpornih programskih orodij. Razvili smo tudi industrijski prototip razvojnega okolja za to metodologijo. Dopolnili smo tudi zasnovo recepturnega vodenja šaržnih procesov na platformi industrijskih krmilnikov, ki je implementirana orodjih PLCbatch, RTbatch in Cbatch, ki so jih prav tako razvili sodelavci programske skupine.

### *2.3. Namenski gradniki strojne opreme.*

Največji doprinos predstavlja realizacija eksperimentalnega prototipa diagnostične in prognostične platforme za rotacijske stroje in njena uspešna implementacija na treh različnih industrijskih objektih doma in na tujem.

## 3. sklop: Uporabne raziskave in implementacija na ciljnih prioritarnih področjih

### *3.1. Namenski vgrajeni sistemi vodenja.*

Raziskave so bile povezane z izvedbo različnih specialnih, funkcionalno zelo zahtevnih vgrajenih sistemov, in sicer: avtomatsko pristajanje letal s pomočjo vgrajene kamere, razvoj novih inteligentnih ventilov, razvoj diagnostičnih sistemov za kosovno proizvodnjo ter razvoj specifičnih rešitev vodenja procesa polimerizacije.

### *3.2. Biološke čistilne naprave.*

V okviru teh raziskav smo med drugim predlagali multikriterijsko metodologijo ocenjevanja delovanja anaerobnega reaktorja za določitev optimalne strategije obratovanja ob prisotnosti negotovosti. Skupaj s podjetjem Kolektor Sinabit smo razvili vodenje doziranja anaerobnega reaktorja za razgradnjo organskih odpadkov in proizvodnjo bioplina.

### *3.3. Proizvodni procesi.*

Nadaljevali smo z raziskavami vodenja in optimizacije proizvodnje z vgrajenimi modeli. Ob tem smo razvili tudi prototip orodja ProOpter, ki omogoča analizo in napovedovanje proizvodne dinamike s pomočjo postopkov, kot so: rudarjenje in redukcija podatkov, določanje relevantnih manipulativnih spremenljivk ter razvoj poenostavljenih modelov ključnih kazalnikov uspešnosti proizvodnje.

### 3.4. Gorivne celice in obnovljivi viri energije.

S pomočjo matematičnega modeliranja in simulacije smo dosegli kako z izboljšanim vodenjem ter koordinacijo delovanja komponent doseči večjo učinkovitost sistemov z gorivnimi celicami. To je pomemben doprinos. Razvili smo nekaj novih pomožnih komponent za elektroenergetske sisteme na osnovi gorivnih celic. Med njimi so izboljšana verzija reguliranih grelnikov za preprečevanje zmrzovanja sklada, prototip diagnostičnega modula ter DC/DC pretvornik. Znatno del raziskav na področju gorivnih celic je potekal v tesni povezavi z raziskavami v okviru dveh projektov 7. OP in Centrom odličnosti CONOT.

## 4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

SLO

Ocenjujemo, da smo program dela in zastavljene raziskovalne cilje v celoti dosegli. Ponovno se je pokazalo, da je raziskovalna paradigma, ki povezuje temeljne raziskave, aplikativne raziskave in razvoj z močnimi elementi načrtovanja za naš prostor zelo relevantna. To se kaže po eni strani v doseganju nekaterih vrhunskih raziskovalnih dosežkov predvsem s področij nelinearne identifikacije, načrtovanja prediktivnega vodenja, diagnostike in prognostike ter modeliranja z Gaussovimi procesi. Po drugi strani pa z uspešnimi prenosi znanja v prakso na področjih zahtevnejših algoritmov vodenja, inteligentnih ventilov, diagnostičnih sistemov, gorivnih celic, vodenja čistilnih naprav, itd.

O kvaliteti in uspešnosti raziskovalnega dela pričajo tudi številne nagrade in priznanja, ki so jih prejeli raziskovalci programske skupine. Med njimi so najpomembnejše:

- Državna nagrada »Zoisovo priznanje za pomembne dosežke na področju vodenja sistemov«, za dela na področju vodenja čistilnih naprav, 2009
- Državna nagrada »Puhovo priznanje za izume, tehnološke dosežke in uporabo znanstvenih izsledkov pri uvajanju novosti v gospodarsko prakso« za inovativno rešitev inteligentnega pogona družine ventilov, 2012
- Priznanje TARAS za najuspešnejše sodelovanje znanstvenoraziskovalne skupine in gospodarstva na področju inoviranja, razvoja in tehnologij v Sloveniji za »Avtomatski diagnostični sistem za končno kontrolo kvalitete sesalnih enot«, 2010
- Nagrada za najboljši članek v mednarodni reviji ISA Transactions za leto 2009 za prispevek z naslovom "A model-based approach to the evaluation of flame-protective garments". Nagrada je bila podeljena po izboru pet članske komisije med 45 članki.
- Priznanje ugledne revije Computers & Chemical Engineering za enega najbolj vidnih člankov v letu 2012 za članek »Modeliranje, simulacija in vodenje industrijskega semišaržnega reaktorja polimerizacije«
- Sodelavci programske skupine so se na tekmovanju IEEE PHM 2012 Prognostic Challenge uvrstili na 2. mesto med 20-timi skupinami za rešitev napovedi časa okvare ležajev. Svojo rešitev so tudi predstavili na vabljenem predavanju na mednarodni konferenci 2012 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management, Denver, Colorado.
- Programsko orodje za procesno vodenje C Batch, partnerski produkt podjetja INEA d.o.o. in Mitsubishi Electric, ki je nastalo na osnovi rezultatov raziskav v naši programski skupini, je v izboru ugledne nemške revije za kemijo CAV doseglo 2. mesto za naziv produkt meseca, 2010
- Razviti modul ProOpter.IVS je bil izbran med 10 "early stage" inovacij, ki so se 9. aprila 2014 predstavile na Heidelberškem forumu inovacij s tokratnim poudarkom na "Smart Production and Manufacturing - Innovative ICT Solutions in Production Processes".
- Na 4. mednarodni konferenci s področja spremljanja stanja strojev v nestacionarnem obratovanju (International conference on Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations, CMMNO14, 15.-16. december 2014) je sodelavec odseka Boštjan Dolenc prejel eno od treh podeljenih nagrad za izviren pristop.

## 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014<sup>4</sup>

SLO

Program je potekal v okviru zastavljenih ciljev. Na podlagi dosežkov pri ocenjevanju stanj PEM gorivnih celic, predvsem pa učinkovitega postopka identifikacije impendancnega spektra, smo razširili raziskave na povsem novo družino Li-S baterij. Skupaj s kolegi na Kemijskem Institutu skušamo razdelati merilno okolje za ugotavljanje stanja baterijske celice. Problematiko smo vključili v program za novo obdobje 2015-2020.

## 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>5</sup>

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	26698535	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vodenje trajanja faz šaržnega reaktorja z modelom na podlagi Gaussovih procesov
		ANG	Sequencing batch-reactor control using Gaussian-process models
	Opis	SLO	Članek opisuje uporabo modeliranja na podlagi Gaussovih procesov za načrtovanje vodenja trajanja faz šaržnega reaktorja za čiščenje odplak. Model na podlagi Gaussovih procesov je neparametričen in verjetnostni model, ki prikazuje tudi negotovosti svojih napovedi. V primeru vodenja šaržnega reaktorja je uporabljen za sprotno optimizacijo trajanja posameznih faz delovanja. Algoritem vodenja za delovanje uporablja vrednosti posrednih meritev (kislost, prevodnost, koncentracija raztopljenega kisika) in prepoznava značilne vzorce v njihovem časovnem poteku. Za glajenje signalov je uporabljena regresija z Gaussovimi procesi in za razpoznavanje vzorcev klasifikacija z Gaussovimi procesi. Pri preizkusu na signalih laboratorijske pilotne naprave je algoritem vodenja demonstriral zadovoljivo ujemanje med zaključki faz, kot jih je ocenil algoritem in dejanskimi zaključki faz biodegradacije.
		ANG	The article presents a Gaussian process (GP) model for the control of sequencing batchreactor (SBR) for wastewater treatment. The GP model is a probabilistic, nonparametric model with uncertainty predictions. In the case of SBR control, it is used for the online optimisation of the batchphases duration. The control algorithm follows the course of the indirect process variables (pH, redox potential and dissolved oxygen concentration) and recognises the characteristic patterns in their time profile. The control algorithm uses GP-based regression to smooth the signals and GP-based classification for the pattern recognition. When tested on the signals from an SBR laboratory pilot plant, the control algorithm provided a satisfactory agreement between the proposed completion times and the actual termination times of the biodegradation processes.
	Objavljeno v	Elsevier Applied Science; Bioresource technology; 2013; Vol. 137; str. 340-348; Impact Factor: 5.039; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.573; A'': 1; A': 1; WoS: AE, DB, ID; Avtorji / Authors: Kocijan Juš, Hvala Nadja	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	24858151	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izboljšanje delovanja agregata na gorivne celice z nadzornim vodenjem - simulacijska študija
		ANG	Improving the operation of a fuel-cell power unit with supervision control - a simulation study
			V prispevku, objavljenem v eni najuglednejših publikacij na področju virov energije, je prikazana simulacijska študija na razširjenem modelu agregata z gorivnimi celicami. Ta vključuje modele sklada gorivnih celic, močnostnega pretvornika ter akumulatorja in napoveduje vrednosti

Opis	SLO	vseh ključnih veličin. Obravnavana je možnost izrabe akumulatorja kot vmesnega shranjevalnika energije in predlagana strategija vodenja za izboljšanje delovanja agregata v spremenljivih delovnih pogojih. Izvirni prispevki dela so a) razširitev modela sklada z modeloma močnostnega pretvornika in akumulatorja, b) strategija vodenja temelječa na nadzornem regulacijskem avtomatu, ki iz podatkov o trenutni porabi bremena in stanja napolnjenosti akumulatorja določa delovno točko sklada, ki je optimalna s stališča učinkovitosti sklada, vpliva delovnih pogojev na degradacijo ter stanja napolnjenosti akumulatorja, c) kumulativni izračun vpliva delovnih pogojev na življenjsko dobo glede na specifikacije sistema, ter d) ovrednotenje sistema vodenja v simulaciji glede na zgoraj omenjene parametre v primerjavi s konvencionalnim vodenjem.	
	ANG	The article, published in one of the most distinguished journals in the field of energy, presents a simulation study on the extended model of a fuel cell power unit. It consists of fuel cell stack, power converter and battery models and predicts unit's key values. The possibility of using the battery as intermediate energy storage is discussed, and a control strategy for improving the operation parameters is proposed. The main contributions are a) extension of the fuel cell stack model with models of power converter and battery, b) a control strategy based on supervisory control automaton, which monitors load consumption and battery state of charge, and calculates optimal operating point in terms of the stack efficiency, the impact of working conditions on stack degradation and the battery state of charge, c) calculation of the cumulative effect of working conditions to stack degradation according to the specifications of the real system, and d) evaluation of the control system according to the above parameters in comparison with conventional control approaches.	
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Journal of power sources; 2011; Vol. 196, no. 22; str. 9419-9428; Impact Factor: 4.951; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.505; A": 1; A': 1; WoS: HQ, ID; Avtorji / Authors: Pregelj Boštjan, Vrečko Darko, Jovan Vladimir	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	26152231	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Metodologija ocenjevanja strategij obratovanja bioloških procesov za čiščenje odpadnih voda z upoštevanjem negotovosti in različnih možnih izidov	
	ANG	Multi-criteria analyses of wastewater treatment bio-processes under an uncertainty and a multiplicity of steady states	
	Opis	SLO	Predlagali smo novo metodologijo za ocenjevanje strategij obratovanja bioloških procesov za čiščenje odpadnih voda. Metodologija uporablja MonteCarlo simulacijo in verjetnostno teorijo, s katerima analiziramo izbor rizičnih strategij obratovanja z več možnimi izidi. Preizkusili smo jo na modelu anaerobnega reaktorja, ki je prilagojen za doziranje različnih vrst substrata. Pokazali smo, kako se z aproksimacijo z modeli na osnovi Gaussovih procesov zmanjša računsko zahtevnost multikriterijske analize in kako je mogoče določiti področja zanesljivosti strategij obratovanja ob upoštevanju negotovosti in različnih možnih izidov. Področje zanesljivosti je na modelu anaerobnega reaktorja prikazano kot področje verjetnosti ustavitve proizvodnje bioplina pri različnih strategijah doziranja substrata. Rezultate raziskav smo objavili v najpomembnejši znanstveni reviji (ima najvišji faktor vpliva) na področju obravnave vodnih virov.
		A new methodology for determining the operating strategies for biochemical, wastewater treatment plants was proposed. The method is based on Monte Carlo (MC) simulations and the expected utility theory in	

		ANG	order to deal with the analysis of choices among risky operating strategies with multidimensional outcomes. The motivation is given by a case study using an anaerobic digestion model (ADM) adapted for multiple cosubstrates. It is shown how the multicriteria analyses' computational complexity can be reduced within an approximation based on Gaussian process regression and how a reliability map can be built for a bioprocess model under uncertainty and multiplicity. In our uncertainty analyses case study, the reliability map shows the probability of a biogas production collapse for a given set of substrates mixture input loads. Results of this research were published in the most important journal (it has the highest impact factor) in the field of Water Resources.
	Objavljeno v		Pergamon Press.; Water research; 2012; Vol. 46, no. 18; str. 6121-6131; Impact Factor: 4.655; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.409; A'': 1; A': 1; WoS: IH, JA, ZR; Avtorji / Authors: Južnič-Zonta Živko, Kocijan Juš, Flotats Xavier, Vrečko Darko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	24978727	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeliranje, simulacija in vodenje industrijskega semišaržnega reaktorja polimerizacije
		ANG	Modelling, simulation and control of an industrial, semi-batch, emulsion-polymerization reactor
	Opis	SLO	Izdelan je bil matematični model semišaržnega reaktorja polimerizacije, ki natančno popisuje kemijske reakcije in toplotno bilanco pri tem procesu. Model napove potek temperature v reaktorju v odvisnosti od dodajanja reagentov ter ključne izhodne parametre končnega produkta, kot so izkoristek, vsebnost trdnih snovi in viskoznost. Izvirni prispevki dela so integracija kemijskega in toplotnega modela reaktorja, validacija modela na realnih podatkih industrijskega procesa ter analiza in sinteza algoritmov za doziranje reagentov tako, da se ohranja temperatura v reaktorju v ozkem temperaturnem območju. S tem se izboljša kvaliteta izhodnega produkta. Izdelani algoritem doziranja reagentov predstavlja izvirno rešitev za reaktorje polimerizacije, kjer hlajenje poteka samo preko ohlajanja pare in brez dodatnega ohlajanja preko plašča reaktorja. Postopek je bil preizkušen s simulacijo na podatkih iz realnega obratovanja ter testno na samem industrijskem procesu. Članek je dobil priznanje ugledne revije Computers & Chemical Engineering za enega najbolj vidnih člankov v letu 2012.
		ANG	A mathematical model was designed for an industrial, semi-batch polymerization reactor, which describes the chemical reactions and heat balances in polymerization process. The model predicts the course of temperature in the reactor as a function of adding reagents, and key output parameters of the final product, such as conversion, solids content and viscosity. The main contributions are the integration of the two models the chemical reaction and the energy balance model, the validation of the model on real plant data from industrial operation, and the analysis and design of control algorithms for online dosing of reacting chemicals, which preserve reactor temperature close to the desired setpoint and so contribute to uniform product quality. The designed reactants dosing control represents an original solution for polymerization reactors, where reactor cooling is performed only through evaporative cooling. The desired control performance was proved by simulation based on real plant data and also experimentally on an industrial polymerization reactor. The paper received distinction from Computers and Chemical Engineering journal as one of the most downloaded articles in 2012.



	Objavljeno v	Pergamon Press; Computers & chemical engineering; 2011; Vol. 35, no. 10; str. 2066-2080; Impact Factor: 2.320; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.507; A': 1; WoS: EV, II; Avtorji / Authors: Hvala Nadja, Aller Fernando, Miteva Teodora, Kukanja Dolores	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	27816231	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Optimalna izbira odločitvenih pragov pri nadzoru stanja PEM gorivnih celic
		<i>ANG</i>	Optimal selection of proton exchange membrane fuel cell condition monitoring thresholds
	Opis	<i>SLO</i>	Predlagani kazalnik stanja za gorivne celice PEM je zasnovan na podlagi ocene impedance le-teh. Posamezne impedančne vrednosti so obravnavane kot odvisne kompleksne naključne spremenljivke, katere s pomočjo kopula funkcij agregiramo v kazalnik stanja. Postopek generira sproten kazalnik stanja, ki na univerzalen in nedvoumen način opisuje diagnosticirano stanje gorivnih celic PEM.
		<i>ANG</i>	The proposed condition indicator for PEM fuel cells is constructed from a set of fuel cell impedance. The impedance values are treated as dependent complex random variables and the copula function are employed for aggregation of these values into the condition indicator. The approach provides an online condition indicator, which in an universal and unambiguous manner describes the diagnostics information of the PEM fuel cell.
	Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Journal of power sources; 2014; Vol. 268; str. 692-699; Impact Factor: 5.211; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.367; A'': 1; A': 1; WoS: HQ, ID; Avtorji / Authors: Boškoski Pavle, Debenjak Andrej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

## 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine<sup>6</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	27623463	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Vzpostavitev in delovanje Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja
		<i>ANG</i>	Establishment and Operation of the Competence Centre for Advanced Control Technologies
			<p>Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja (KC STV) je raziskovalnorazvojni center s področja tehnologije vodenja (avtomatizacija, informatizacija in kibernetizacija) sistemov, procesov in naprav. V projektu vzpostavitve centra in delovanja prve faze, ki je potekal v obdobju 2009-2013, je imela naša programska skupina ključno vlogo, saj so njeni člani sodelovali pri zasnovi in vodenju celotnega projekta, koordinaciji vseh raziskovalnih aktivnosti projekta in pri raziskavah v 12 raziskovalno-razvojnih podprojekti.</p> <p>KC STV povezuje 17 partnerjev iz gospodarstva in javnega raziskovalnega sektorja. V KC STV sodelujejo 4 akademski partnerji, 7 inženirskih podjetij s področja avtomatizacije in informatizacije, 5 proizvodnih podjetij – uporabnikov tehnologije vodenja in en tehnološki center. Celotna vrednost programa KC STV za obdobje 2011-2013 je bila 9.360.000 €, od tega so pokrili partnerji z lastnimi sredstvi 3.004.500 €. V času svojega delovanja je KC STV dosegel številne rezultate, ki se odlikujejo po svoji inovativnosti, raznolikosti ter vplivu, ki</p>

	Opis	<p>ga bodisi že imajo ali pa ga bodo imeli na tehnološki in gospodarski razvoj Slovenije. Kvantitativni pregled pokaže, da so bili planirani rezultati preseženi. V okviru centra je nastalo 33 novih tehnoloških rešitev (planirano 28), od tega je bilo 14 rešitev preizkušeno in prikazano v obliki demonstracijskih projektov (planirano 5). Inovativnost rešitev se kaže v dejstvu, da je bilo vloženih, oziroma je v postopku vlaganja pet patentnih prijav (planirano 3) in 18 inovacij (planirano 10). Poleg tega so v okviru centra nastali še drugi rezultati, med njimi več kot 50 znanstvenih in strokovnih objav, 1 nov poslovni model, dve izobraževalni delavnici, 1 nov program vseživljenskega izobraževanja in nastavka za eno do dve spin-off podjetji.</p> <p>Končni učinki rezultatov Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja so uvedba razvitih rešitev na trg in ustvarjanje nove dodane vrednosti. Prave učinke lahko pričakujemo v letih 2014 in naprej, predvsem učinki tistih novih rešitev, ki so pristali v portfelje podjetij in jih le-ta ponujajo na trgu. Podjetja v KC STV so (v letu 2012) glede na stanje pred projektom povečala prodajo za 33%, povečala delež izvoza v prodaji za 2%, povečala število zaposlenih za 2% in povečala BDV na zaposlenega za povprečno 8%.</p> <p>Menimo, da bo KC STV tudi v prihodnjem obdobju lahko veliko prispeval k soustvarjanju najsodobnejšega načina proizvodnje ter k reševanju družbenih izzivov na področju zdravja, bivanja, oskrbe ljudi in energije.</p>
	ANG	<p>The Competence Centre for Advanced Control Technologies ( CC ACT ) is a research &amp; development centre in the field of control technology (automation, informatics and cybernetics) for systems, processes and devices. During the project of establishing and operating the first phase of the centre from 2009 to 2013, our research group had a key role as its members have been involved in the establishment of the centre, overall project management, coordination of all research activities and in several (12) centre's research subprojects.</p> <p>CC ACT connects 17 partners from industry and the research sector. In CC ACT participate 4 academic partners, 7 engineering firms specialized on automation and production informatics, 5 manufacturing enduser companies and one technology centre. The total budget of CC ACT program for the period 2011-2013 was € 9,360,000, of which the partners own contribution was € 3,004,500.</p> <p>During its work, the CC ACT has achieved many innovative results, which already have or will have an important impact in the technological and economic development of Slovenia. Quantitative examination shows that they exceeded the project's planned results. Namely, the centre has created 33 new technological solutions (planned 28), of which 14 have been already proven in the form of demonstration projects (planned 5). An innovativeness of solutions is reflected in five patent applications (planned 3) and 18 technological innovations (10 planned). In addition, the centre enabled many other results: more than 50 scientific and professional papers, 1 new business model, two educational workshops, 1 new program of lifelong learning and the opportunity for launching one to two spinoff companies.</p> <p>The final effects of the Competence Centre for Advanced Control Technologies are the introduction of advanced solutions on the market and the creation of new added value. The real effects may be expected in 2014 and beyond, but the effects of diffusion of new solutions into company's offer and their outcomes in the market have been already detected. Namely, The companies in CC ACT are (in 2012), according to the state before the project increased sales by 33 %, the share of exports in sales for 2% in average, the number of employees averagely for 2% and GVA per employee by an average of 8 %.</p> <p>We believe that CC ACT also in the next period can significantly</p>

		contribute to advanced production control, energy issues, to addressing societal challenges in health, living and care for people.	
	Šifra	D.02	Ustanovitev raziskovalnega centra, laboratorija, študija, društva
	Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Baggia Tina, Hvala Nadja, Marinšek Zoran, Strmčnik Stanko	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
2.	COBISS ID	24501543	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Avtomatski diagnostični sistem za končno kontrolo kvalitete sesalnih enot
		ANG	Automatic diagnostic system for end quality assessment of vacuum cleaner motors
	Opis	SLO	Za podjetje Domel d.o.o., glavnega evropskega proizvajalca elektromotorjev za sesalnike, smo razvili diagnostični sistem, ki zagotavlja popolno avtomatsko končno kontrolo kvalitete elektromotorjev in diagnostiko morebitnih proizvodnih napak. Sistem je zasnovan tako, da izračuna značilke motorja na podlagi sprotnih meritev električnih veličin, vibracij, hrupa, itn., ter izloči vse enote, ki ne ustrezajo izbranemu kriteriju kvalitete. Pri kontroli je izločen »človeški faktor«, zato gredo na trg le brezhibni izdelki, zmanjšani pa so tudi stroški proizvodnje. Z uvedbo navedenih sistemov na proizvodnih linijah za izdelavo različnih tipov pogonov sesalnih enot smo popolnoma zamenjali ročno končno kontrolo in bistveno zmanjšali izmet. Sistem je bil realiziran na že 7 linijah za različne tipe elektromotorjev, na njem pa je bilo do danes preizkušenih že okrog 100 milijonov motorjev! Po izjavah predstavnikov podjetja Domel d.o.o. uporaba tega sistema ključno pripomore k visoki kvaliteti elektromotorjev ter je eden od bistvenih elementov za povečanje konkurenčnosti podjetja na svetovnem trgu. Diagnostični sistem je v 2010 prejel priznanje TARAS za najuspešnejše sodelovanje znanstvenoraziskovalne skupine in gospodarstva na področju inoviranja, razvoja in tehnologij v Sloveniji.
		ANG	For the Domel company, the most important European producer of electromotors for vacuum cleaners, we have developed a diagnostic system for total endquality control and diagnostics of possible faults during the production process. The system is designed to calculate features based on short online measurements of electric values, vibration, noise, etc. and excludes all units not meeting the predefined criteria of quality. In this way the "human factor" is eliminated from the endquality assessment, so only faultless products are delivered to the market. The installations of this system on several production line for different types of electromotors have contributed significantly also to reducing the production costs and lowering the scrap rate. The system has already been installed on 7 production lines for different types of vacuumcleaner motors and up to now around 100 million motors have been tested! According to the representatives of Domel d.o.o. use of this system contributes to high quality of electromotors and is one of the essential elements for increasing the company's competitiveness in the global market. In 2010 the diagnostic system received the TARAS award for the most successful cooperation between research team and industrial sector in Slovenia.
	Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Petrovčič Janko, Dolanc Gregor, Musizza Bojan, Černe Stanislav, Štrubelj Miroslav	

	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
3.	COBISS ID	27323687	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Inteligentni motorni pogoni za ventile iMCV
		<i>ANG</i>	Intelligent motor drives for valves iMCV
	Opis	<i>SLO</i>	<p>V regulacijskih sistemih se pogosto pojavljajo nihanja, ki so posledica motenj v sistemu ali neprimerne strukture in/ali neustreznih parametrov regulatorjev. Zaradi nihanj prihaja do povečanja porabe energije, zmanjšanja kvalitete proizvodov in krajše življenjske dobe izvršnih členov. Le-to povzroča večje stroške ter izpade v proizvodnji. Sodelavci programske skupine smo skupaj z razvojno skupino podjetja Danfoss Trata, d.o.o. razvili inovativen postopek, ki učinkovito odpravlja oscilacije v zaprtozančnih sistemih ter ga uspešno vgradili v motorne pogone iMVC dveh tipov ventilov: linearni pogon (0-10V) in tritočkovni pogon (24V ali 230V izmenične napetosti). Naloga programske skupine je bila predvsem načrtovanje in implementacija namenskega elektronskega vezja ter regulacijskih algoritmov za pozicioniranje ventilov. Ob tem je bila ključnega pomena optimizacija cene in kvalitete izdelka pri upoštevanju danih omejitev, izvedli pa smo tudi verifikacijo in validacijo delovanja novih ventilov.</p> <p>Uspešnost razvite rešitve se kaže v zelo dobrih prodajnih rezultatih podjetja Danfoss Trata, d.o.o., ki novo družino ventilov zdaj uspešno trži na globalnem trgu v obsegu več tisoč kosov/letno.</p> <p>Za inovativno rešitev inteligentnega pogona družine ventilov je programska skupina v letu 2012 prejela najvišje državno Puhovo priznanje za izume, tehnološke dosežke in uporabo znanstvenih izsledkov pri uvajanju novosti v gospodarsko prakso.</p>
		<i>ANG</i>	<p>Oscillations in the control systems appear due to disturbances or inappropriate controller structure or parameters. Oscillations in the system result in increased power consumption, decrease of product quality and lower actuator's life expectancy, which leads to higher production costs and stalls in production. The members of our program group, together with the development team from Danfoss Trata, Ltd. have developed an innovative procedure that effectively eliminates oscillations in closedloop systems and successfully implement this solution into motor two types of iMVC valves : linear drive ( 0-10V) and threepoint drive (24V or 230V AC). The task of the program group was mainly design and implementation of a dedicated electronic circuit and special control algorithms for positioning the valves. It has been crucial to optimize quality and prices of the product within the predefined constraints. We also carried out all performance verification and validation of the new family of valves.</p> <p>The effectiveness of the developed solution is reflected in the very good sales results of Danfoss Trata company. Namely, a new family of valves has been selling successfully in the global market to the extent of several thousand pieces/year.</p> <p>For this innovative solution for intelligent valve drives our program group was in 2012 awarded with the highest National award for inventions, technological achievements and the transfer of scientific results into industrial practice.</p>
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Petrovčič Janko, Černe Stanislav, Nerat Marko, Vrančič Damir	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
4.	COBISS ID	2272183122381607	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Vodenje za pametno, čisto in učinkovito energijo ter čistejše okolje

	ANG	Control for Smart, Clean & Efficient Energy and Cleaner Environment
Opis	SLO	<p>Programska skupina je bila v obdobju 2009-2014 zelo aktivna na področjih uporabe alternativnih virov energije in zagotavljanja čistejšega okolja. Skupina je pobudnik uporabe vodikovih tehnologij v Sloveniji in soustanovitelj Razvojnega centra za vodikove tehnologije in Centra odličnosti Nizkoogljicne tehnologije, ki z vrsto projektov uvajata tehnologije vodika, Li-ion baterij in fotovoltaike v Slovenijo. Na področju implementacije sistemov z gorivnimi celicami za različne aplikacije programska je skupina razvijala algoritme in namenske sklope za povečanje učinkovitosti, zanesljivosti in cenovne konkurenčnosti takih sistemov. V okviru projekta »HyMIV« je bil agregat za gorivne celice vgrajen kot pomožni vir energije za napajanje elektronske opreme v posebnih vojaških vozilih. Sistem je novost v primerjavi s soslednimi vojskami zveze NATO. Preizkušen je bil v vsakodnevnih aktivnostih Slovenske vojske in tudi na vojaških vajah, odlikuje ga preživetje tudi pri zelo nizkih zunanjih temperaturah. Nadgradnja tega je projekt »GCCOGEN« – razvoj demonstracijskega prototipa sistema kogeneracije z gorivnimi celicami. Največji integrirni projekt na področju gorivnih celic je bil razvoj laboratorija »TESTLAB« za demonstracijo vodikovih tehnologij, ki ga sestavljajo 1kW sklad z PEM gorivnimi celicami, različnimi tipi shranjevalnikov H<sub>2</sub>, elektrolizer, sončne celice, električni in toplotni pretvorniki. Primarni cilj projekta sta osvojitve znanja in veščin za razvoj različnih aplikacij z gorivnimi celicami. Sekundarni cilj je uporaba tega eksperimentalnega testnega okolja kot poligona za testiranje in validacijo različnih novo razvitih namenskih komponent za aplikacije sistemov z gorivnimi celicami. Komplementarno temu smo sodelovali v projektu »HyCore« z namenom združitve znanj in izkušenj več razvojnih industrijskih in akademskih skupin v slovenskem prostoru na področju tehnologije vodika in gorivnih celic, ki bodo z naprednimi rešitvami sposobni izdelati nekatere začetne prototipe ključnih (ali še nedobavljivih) podskelopov za agregat z gorivnimi celicami. S tem smo skušali zagotoviti večjo možnost industrializacije in komercializacije celotnih agregatov z gorivnimi celicami in slovenski industriji pomagali prodreti v že strukturirane mednarodne dobaviteljske verige na tem področju. Rezultati teh projektov so novi namenski algoritmi in elektronski moduli (DC/DC pretvornik, power management modul za Li-ion baterije, modul za spremljanje napetosti sklada, itd), nekatere smo že uspešno prodali doma in v tujini. Prav tako smo se na področju vodikovih tehnologij vključili v 3 projekte 7. OP.</p> <p>Na področju učinkovite rabe energije v stavbah razvili algoritem za optimalno izbiro sistemov ogrevanja in hlajenja v stavbah. Algoritem povezuje različne neodvisne energetske sisteme ogrevanja in hlajenja v stavbi v enovit sistem, njegova inovativnost pa je optimalna izbira vira in časa vklopa ob upoštevanju napovedi vremena in zasedenosti prostorov. Na področju pridobivanja energije iz obnovljivih virov smo obravnavali obratovanje anaerobnega reaktorja za pridobivanje bioplina iz organskih odpadkov v bioplinarnah in čistilnih napravah. Razvili smo algoritem, ki ustrezno dozira substrat v fermentor, tako, da se zagotovi stabilno delovanje reaktorja pri razgradnji raznovrstnih odpadkov ter maksimizira proizvodnja bioplina. Preizkušanje algoritma je bilo izvedeno na pilotni napravi industrijske bioplinarne.</p> <p>Za procese čiščenja odpadnih voda v čistilnih napravah smo razvili tudi vrsto simulacijskih modelov in strategij vodenja za učinkovitejše delovanje bioloških procesov tako v smislu kvalitete očiščene odplake kot porabe energije. Za prispevek na tem področju je skupina sodelavcev odseka v 2009 prejela najvišje državno nagrado »Zoisovo priznanje za pomembne dosežke na področju vodenja sistemov«. Poseben izziv pa predstavljajo tudi izrazito v prihodnost usmerjene nove</p>

		<p>in zahtevne energetske tehnologije, kot je fuzija. Naše raziskave vključujejo vodenje fuzijskega reaktorja, kjer je bila za realistični demonstrator vodenja fuzijskega reaktorja ITER podjetja Cosylab razvita izboljšana regulacija položaja plazme na osnovi prediktivnega regulatorja.</p>
	ANG	<p>Program group was during the period 2009-2014 very active in the research areas of alternative energy and cleaner environment. The group has initiated the use of hydrogen technologies in Slovenia and is a cofounder of the Centre for Hydrogen Technologies and the Centre of Excellence LowCarbon Technologies, which through several projects introduce hydrogen technology, Li-ion batteries and photovoltaics in Slovenia. In the field of fuel cell based systems implementation for various applications our program group has been developing algorithms and dedicated modules to increase the efficiency, reliability and price competitiveness of such systems. Within the framework of the project "HyMIV" a fuel cell based electric generator was installed as an auxiliary power source for electronic equipment installed in military vehicles. The system is a novelty in comparison with neighbouring armies of NATO alliance. It was tested in the everyday activities of the Slovenian Armed Forces and also during various military exercises and is characterized by survival even at very low outdoor temperatures. The next project was "GCCOGEN" the development of a demonstration prototype of a fuel cell based cogeneration system. The largest project in the field of hydrogen technologies was a development of a laboratory "TESTLAB" to demonstration and validation of hydrogen technologies. It consists of 1kW PEM fuel cells stack, various types of H<sub>2</sub> storages, electrolyser, solar cells, electrical and thermal converters or storages. The primary objective of the project was to get knowledge and skills for the development of various fuel cell based applications. A secondary objective is to use this experimental test environment as a polygon for testing and validation of the various newly developed dedicated components for fuel cell applications. Complementary to this activities we also participated in the project "HyCore" aiming to integrate knowledge and skills of some industrial and academic groups in the Slovenian area from the fields of hydrogen technology and fuel cells in order of being able to produce some new (or unobtainable ) prototypes for some key components of fuel cell based systems. This aims to ensure greater possibility of industrialization and commercialization of fuel cell applications and to help Slovenian industry to penetrate into already structured international supply chains in this area. The results of these projects are some dedicated algorithms and new electronic modules (e.g. DC / DC converter , power management module for Li-ion battery module for monitoring stack voltage, etc. ), some of which have been already successfully sold at home and abroad. We also succeeded to get involved in in three FP7 projects dealing with hydrogen technologies. In the field of efficient use of energy we have developed the algorithm for selecting the optimal heating and cooling systems in residential or commercial buildings. The algorithm integrates various independent energy heating and cooling systems in a building into a single system, its innovation is the optimal selection and the switching time of particular energy source by taking into account also the weather forecast and current occupancy of the building. In the field of energy production from renewable sources we were dealing with an implementation of the anaerobic reactor for the production of biogas from organic waste in biogas plants and sewage treatment plants. We have developed an algorithm that properly dose a substrate in the fermenter for ensuring stable operation of the reactor during the digestion of a variety of waste materials and maximizes biogas production. The algorithm was tested on a pilot plant of industrial biogas plant.</p>

		For wastewater treatment in sewage treatment plants we have developed a series of simulation models and management strategies for functional optimization of biological processes in terms of both the quality of treated wastewater and energy consumption. For the contribution in this area three members of our program group was awarded in 2009 with the highest national scientific award "Zois Award for significant achievements in the field of management systems ". Special challenges are also very futuristic, new and demanding energy technologies, such as the fusion process. Our research in this area includes the design of control of a fusion reactor ITER, where it was for a realistic demonstrator of a fusion reactor (owned by Cosylab Company) developed an improved predictive plasma position controller.
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	<p>PETROVČIČ, Janko, JOVAN, Vladimir, SVETEK, Aleš, ČERNE, Stanislav, ŠTRUBELJ, Miroslav. Električni agregat na gorivne celice AGC7KW: navodila za uporabo in tehnična dokumentacija, (IJS delovno poročilo, 10237). 2009. [COBISS.SIID 22721831]</p> <p>PETROVČIČ, Janko, JOVAN, Vladimir, ČERNE, Stanislav, ŠTRUBELJ, Miroslav, SVETEK, Aleš. Električni agregat na gorivne celice 7 KW APU : navodila za uporabo in tehnična dokumentacija, (IJS delovno poročilo, 10102). 2009. [COBISS.SIID 22381607]</p> <p>FAJDIGA, Primož, PETROVČIČ, Janko, JOVAN, Vladimir. Navodila za uporabo reformerja na metanol Genesis 20LE, (IJS delovno poročilo, 10497). 2010. [COBISS.SIID 23698215]</p> <p>PETROVČIČ, Janko, JOVAN, Vladimir, SVETEK, Aleš, ČERNE, Stanislav, ŠTRUBELJ, Miroslav. Elektrolizer s čistilnikom vodika : navodila za uporabo in tehnična dokumentacija, (IJS delovno poročilo, 10552). 2010. [COBISS.SIID 23968551]</p> <p>VREČKO, Darko, HVALA, Nadja, STRAŽAR, Marjeta. Application of model predictive control of ammonia nitrogen in an activated sludge process. V: IWA World Water Congress and Exhibition, 1924 September 2010, Montreal, Canada. HAYWARD, Keith (ur.). Proceedings. London; Den Haag: IWA, 2010, 8 str. [COBISS.SIID 23985447]</p> <p>VREČKO, Darko, HVALA, Nadja, STRAŽAR, Marjeta. Modelling and simulation to improve the operation of the sludge treatment process. V: 8th International IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment, WATERMATEX 2011, 19-22. June 2011, San Sebastian, Spain. Conference proceedings. [S. l.]: International Water Association, 2011, str. 632738.[COBISS.SIID24881959]</p> <p>GERKŠIČ, Samo, TOMMASI, G. De. Improving magnetic plasma control for ITER. Fusion Engineering and Design, ISSN 09203796. [Print ed.], [in press] 2014, 12 str., doi: 10.1016/j.fusengdes.2013.12.034. [COBISS.SIID 27387943]</p> <p>GERKŠIČ, Samo, DE TOMMASI, Gianmaria. Vertical control of ITER plasma using explicit model predictive control. V: 27th Symposium on Fusion Technology, September 2428,2012, Liège, (Belgium). SOFT 2012. [S. l.: s. n.], 2012. <a href="http://soft2012.sciconf.org/pap/files/p3_34.pdf">http://soft2012.sciconf.org/pap/files/p3_34.pdf</a>. [COBISS.SIID 26146087]</p>	
Tipologija	2.14	Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)
5.	COBISS ID	26888999
		Vir: COBISS.SI
Naslov	<i>SLO</i>	Izvedbeni primeri vodenja sistemov - Uporaba teorije v praksi
	<i>ANG</i>	Case studies in control - Putting Theory to Work
		Pri ugledni založbi Springer je v seriji "Advances in Industrial Control" v 2013 izšla knjiga« Case Studies in Control Putting - Theory to Work«, ki

Opis	SLO	<p>sta jo s pomočjo prispevkov 18 sodelavcev programske skupine oblikovala in uredila prof. Stanko Strmčnik in prof. Đani Juričić.</p> <p>Knjiga povzema prizadevanja programske skupine na področju raziskav naprednih metod vodenja in njihovega prenosa v industrijsko prakso. Spoznanja na temelju dveh desetletij raziskav in več kot 150 uspešnih industrijskih aplikacij na različnih področjih podajajo okvirje, ki bodo olajšali uporabo naprednih konceptov vodenja na realnih sistemih.</p> <p>Poudarki knjige:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- knjiga na različnih izvedbenih primerih prikaže bralcem, kako uporabiti napredne rešitve s področja teorije vodenja na realnih problemih</li> <li>- pokaže, kako teoretične ideje prilagodimo zahtevam in omejitvam realnih problemov</li> <li>- prehajanje od praktičnih primerov k teoretičnim problemom bo spodbudilo raziskovalce k pogostejši obravnavi realnih problemov.</li> </ul>
	ANG	<p>In 2013 the book entitled »Case Studies in Control - Putting Theory to Work« has been published in the Springer series "Advances in Industrial Control". The book editors, Prof. Stanko Strmčnik and Prof. Đani Juričić, raised the topic of advanced control based on a number of case studies contributed by 18 members of our research group.</p> <p>The book summarizes the long-standing efforts and knowledge of our research group in the field of research of advanced control methods and their transfer to the industrial practice. Case Studies in Control presents a framework to facilitate the use of advanced control concepts in real systems based on two decades of research and our over 150 successful applications for industrial end-users from various backgrounds.</p> <p>Highlights:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A variety of case studies indicate how to apply advanced ideas from control theory to specific real problems</li> <li>- The book explains how theory can be shaped to comply with the realistic constraints</li> <li>- Case studies demonstrating the emergence of theory triggered by realistic problems is hoped to challenge researchers to invest more effort in the related issues.</li> </ul>
Šifra	C.01	Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
Objavljeno v	Springer; 2013; XI, 411 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Strmčnik Stanko, Juričić Đani	
Tipologija	2.01	Znanstvena monografija

## 8. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>Z</sup>

### Patenti:

- J. Petrovčič, D. Vrančić: Reducing oscillations in a control system : patentna prijava WO 2010/054657 A1. , 20. maj 2010.
- Đ. Juričić, P . B oškoski, G. Dolanc in zunanji sodelavci: Naprava in postopek za stalno spremljanje maziva in vsebnosti delcev v njem : patentna prijava P201300409 , 3. dec. 2013.
- D. Vrančić, M. Nerat in zunanji sodelavec: Postopek hitrega filtriranja signala rotacijske hitrosti s samodejnim izločanjem periodičnega odmika : patentna prijava P201300435. 19. dec. 2013.

### Pomembnejši novi ali izboljšani izdelki za industrijske partnerje:

- V. Jovan, J. Petrovčič: Razvoj ključnih podslopov gorivne celice HT PEM (Inea d.o.o.)
- D. Vrančić, J. Petrovčič: Razvoj in dopolnitve pogonov AMV 435 in AMV 65X (Danfoss Trata, d.o.o.)
- J. Petrovčič: Modularni DC/DC pretvornik (Volvo Powercell, Domel Energija d.o.o.)
- J. Petrovčič, G. Dolanc, B. Musizza, S. Černe: Izdelava dvojnega diagnostičnega sistema za



Domel Kitajska (Domel Electric Motors Suzhou Co Ltd.)

- G. Godena in zunanji sodelavci: Sistem vodenja šaržnega procesa sinteze smol (Color d.o.o.)
- J. Petrovčič, S. Černe, B. Musizza, V. Jovan: Mobilna bivalna enota z vgrajenim ko-generacijskim sistemom na gorivne celice (MORS, Inea d.o.o., Domel d.o.o.)
- G. Godena: Orodje za modelni razvoj programske opreme za vodenje MAGICS (Inea d.o.o.)

Pomembnejše nove storitve za industrijske partnerje:

- G. Dolanc: Izdelava specifikacij za avtomatizacijo naprave za obdelavo kovinskih plošč s pomočjo plazme, (PlasmaBull Engineering GmbH, Avstrija)
- S. Gerkišič: Regulacija vertikalnega položaja plazme v fuzijskem Tokamak reaktorju ITER (Cosylab d.o.o.)
- D. Vrančič, M. Nerat, J. Petrovčič: Preizkušanje novega inteligentnega ventila (Danfoss Trata d.o.o.)
- D. Gradišar, M. Glavan: Preizkus sistema za vodenje proizvodnje (Helios d.d.)

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>2</sup>

SLO

Mednarodna relevantnost predlaganega programa se kaže v naravnosti na reševanje zahtevnih problemov na področjih, ki so dolgoročno definirana kot prednostna v 7.OP EU (Information Society Technology, 2.5.3. Embedded Systems, New Production Technologies) in evropskih tehnoloških platformah (Manufuture, Fuel Cells, Embedded Systems).

Med vidnejše doprinose k razvoju znanosti bi uvrstili naslednje:

- Postopek modeliranja dinamičnih sistemov s samorazvijajočimi se modeli na podlagi Gaussovih procesov je najnovejši dosežek na področju identifikacije sistemov. Ta sprotne metoda identifikacije omogoča modeliranje dinamičnih sistemov s spremenljivimi lastnostmi iz vhodnih in izhodnih podatkov na področjih kot so biološki sistemi, sistemi v energetiki, ekonomiji idr. Napovedi tovrstnih nelinearnih modelov imajo to lastnost, da jim lahko določimo tudi zaupanje v vrednost napovedi.
- Stohastične metode ocenjevanja stanj, kot filtri z delčki (ang. particle filters) so v povezavi z modeli v prostoru stanj klasična metoda za napovedovanje odpovedi v sistemih PHM. Naslovili smo eno izmed glavnih ovir pri njihovi uporabi, ki jo predstavlja povečana računska zahtevnost. Da smo v sistemih PHM lahko izkoristili vse prednosti teh filtrov smo z uporabo Rao-Blackwelloverga teorema izvedli marginalizacijo, ki nam omogoča obvladovanje linearnega dela problema z analitičnimi postopki.
- Predstavili smo več izboljšav kaskadne sheme magnetnega vodenja plazme za fuzijski tokamak reaktor ITER. Zasnovali smo eksplicitni prediktivni regulator za vertikalno stabilizacijo. Pokazali smo, da je mogoče regulacijo izboljšati z uporabo prediktivnega regulatorja za vodenje toka in oblike preseka plazme ter, da ga je mogoče izvesti v realnem času.
- Povsem nova metodologija za diagnostiko rotacijskih pogonov sloni na obdelavi naključnih signalov in uporabi entropijskih indeksov predstavlja izvirni prispevek k področju diagnostike v nestacionarnih razmerah. Za razliko od doslej znanih postopkov, naše rešitve ne potrebujejo dodatnih senzorjev in podrobnih apriornih informacij o pogonu.
- Nov objektni model opreme in postopkovnega vodenja šaržnih procesov, z dinamično definiranimi in potencialno prekrivajočimi se razredi enot, omogoča bistveno povečanje ponovne uporabe receptov in popolno izogibanje podvajanju informacij v receptih. Izkušnje z uporabo novega modela kažejo, da se število receptov zmanjša za več kot polovico glede na trenutno uveljavljen pristop.
- Predlagali smo novo metodologijo za ocenjevanje strategij obratovanja bioloških procesov za

čiščenje odpadnih voda. Gre za multikriterijsko metodologijo, ki temelji na analizi matematičnega modela procesa ob upoštevanju negotovosti in različnih možnih izidov. Metodologijo smo preizkusili na modelu anaerobnega reaktorja, ki je prilagojen za doziranje različnih vrst substrata.

- Razvili smo nove metode za nastavljanje parametrov PI in PID regulatorjev za integrirne procese ter za podkritično dušene procese. Nastavitvene metode temeljijo na kriteriju amplitudne optimalnosti ter so bile testirane v praksi. Prav tako smo razvili in v praksi preizkusili metodo nastavljanja parametrov multivariabilnega regulatorja z razstavljanjem na izhodu, ki prav tako temelji na kriteriju amplitudne optimalnosti.
- Predlagani kazalnik stanja za gorivne celice PEM je zasnovan na podlagi ocene impedance le-teh. Posamezne impedančne vrednosti so obravnavane kot odvisne kompleksne naključne spremenljivke, katere s pomočjo kopula funkcij agregiramo v kazalnik stanja. Postopek generira sproten kazalnik stanja, ki na univerzalen in nedvoumen način opisuje diagnosticirano stanje gorivnih celic PEM.
- V skladu z nastajajočimi iniciativami na temo pametnih tovarn je bil razvit koncept za analizo in optimizacijo proizvodnje, ki omogoča sistematično pridobivanje uporabnega znanja na osnovi zgodovinskih podatkov.

ANG

The international relevance of the programme relies on available expertise of the team members and content that address problems in the domains of highest priority in the EU FP7 (Information Society Technology, Embedded Systems, New Production Technologies) and European Technology Platforms (Manufature, Fuel Cells, Embedded Systems).

A list of assorted notable scientific contributions is as follows:

- Modelling of dynamic systems with evolving Gaussian-process models is a contribution to the area of on-line systems identification beyond the current state of the art. This kind of online identification enables modelling of dynamic systems with variable properties from input and output data that can be found in everyday practice of biological systems, power engineering, economics, etc. The prediction of such nonlinear models can be characterized with a measure of confidence in the predicted value.
- Stochastic estimation methods such as particle filtering achieved such popularity that they are now considered as the standard tool for prognostics in PHM systems. We have addressed the computational limitations of these algorithms by using the technique known as the Rao-Blackwellization, which enables the separation of the problem to the linear and nonlinear part. The linear part of the problem can then be solved analytically, which greatly reduces the computational load.
- Several improvements of cascade scheme of magnetic plasma control for the Iter fusion tokamak reactor were presented. An explicit MPC controller for vertical stabilisation was designed. It was also shown that the performance may be improved by using an MPC controller for the ITER plasma current and shape control, and that its real-time implementation is feasible.
- An original methodology for the diagnosis of rotatinoal drives based on stochastic signal processing and entropy indices represents a significant novelty in the area of diagnosis under nonstationary conditions. Apart from the state-of-the-art solutions, the new ones do not need extra sensors and detaild a priori information about the machine.
- A new object model of equipment and procedural control of batch processes, with dynamically defined and potentially overlapping unit classes, enables a substantial increase of the reuse of recipes and complete elimination of the repetition of information in the recipes. Experience of using the new approach shows that the number of recipes is reduced by more than a half compared with the actual approach.

- A new methodology for determining the operating strategies for biochemical, wastewater treatment plants is proposed. A multi-criteria evaluation methodology is based on a model analysis under an uncertainty that can present multiple steady states. The motivation for this approach is given by a case study using an anaerobic digestion model adapted for multiple co-substrate.
- New methods for tuning PI and PID controller parameters for integrating processes and underdamped processes, based on Magnitude optimum criterion, have been developed and tested in practice. A new tuning method for multivariable PID controllers, based on output decoupling and magnitude optimum criterion, has been also developed and tested.
- A novel condition indicator for PEM fuel cells is constructed from estimated fuel cell impedance. The impedance values are treated as dependent complex random variables and the copula function are employed for aggregation of these values into the condition indicator. The approach provides an online condition indicator, which in an universal and unambiguous manner describes the diagnostics information of the PEM fuel cell.
- In line with emerging smart-manufacturing initiatives a novel concept for production analysis and optimization was introduced that enables a systematic derivation of the actionable knowledge from the historical production data.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Cilji programske skupine izhajajo iz njenega poslanstva, ki je: "gojiti tehnološko usmerjene raziskave, prenašati rezultate in spoznanja v uporabo ter s tem prispevati k razvoju Slovenije". Zato so naše raziskave pretežno aplikativno usmerjene, vsebinski poudarki pa v največji meri izhajajo iz potreb našega gospodarstva. Naše raziskave potekajo v skladu z znano MODE2 raziskovalno paradigmo\*, katere značilnost so raziskave v kontekstu uporabe, kombinacija temeljnih in aplikativnih raziskav ter razvoja z močno prisotnostjo elementov načrtovanja. Večina dela je bila zato usmerjena v rezultate, ki imajo bolj tehnološki in zaradi tega morda nekoliko manj znanstveni pomen, in ki so neposredno povezani z uporabo v praksi.

Učinki dela naše programske skupine so neposredni in posredni. Kot primer prvih lahko navedemo prenos rezultatov pri realizaciji inteligentnega motornega pogona za ventile za podjetje Danfoss Trata, ki z inovativnim delovanjem zagotavlja daljše in stabilnejše delovanje in omogoča varčevanje z energijo v sistemih za ogrevanje. Ventil že predstavlja prodajno uspešnico podjetja DanfossTrata (do leta 2014 so jih prodali okrog 90.000), v naslednjih treh letih pa je predvidena prodaja še preko 120.000 inteligentnih ventilov v skupni vrednosti cca 13 mio EUR. Drug primer je razvoj diagnostičnega sistema za popolno avtomatsko končno kontrolo kvalitete elektromotorjev v podjetju Domel d.o.o. Z uvedbo teh sistemov na sedmih proizvodnih linijah smo popolnoma zamenjali ročno končno kontrolo in bistveno zmanjšali izmet. Po izjavah predstavnikov podjetja Domel d.o.o. uporaba teh sistemov ključno pripomore k visoki kvaliteti elektromotorjev ter je eden od bistvenih elementov za povečanje konkurenčnosti podjetja na svetovnem trgu. Podjetje je v zadnjih nekaj letih postalo najpomembnejši evropski dobavitelj elektromotorjev za sesalne enote (več kot 60% tržni delež), letno proizvede več kot 3 milijone elektromotorjev sesalnih enot in je imelo v 2013 ob letnem prometu skoraj 100 Mio € več kot 2 Mio € čistega dobička.

Posredni učinki dela naše programske skupine se kažejo na primeru rezultatov delovanja Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja, kjer je imela naša skupina vodilno vlogo v izvedenih raziskovalno-razvojnih aktivnostih. 12 podjetij, vključenih v kompetenčni center, je v obdobju 2010-2013 povečalo prodajo na trgu za 33% in doseglo skupno vrednost prodaje 473,4 mio €. Ob povečanju zaposlenih v 2012 za 2% glede na stanje pred projektom, so podjetja povečala BDV na zaposlenega za 8%, s povprečno BDV 54.027 €. Povečal se je tudi delež izvoza v prodaji za 2% in dosegel skupno vrednost izvoza 381,6 mio €. Zato menimo, da je vpliv naših raziskav na naše gospodarstvo in družbo zelo pomemben.

\*glej npr: Gibbons in soavtorji, »The new production of knowledge«, Sage Publications, London,

1995 ali pa »Measuring Excellence in Engineering research«, Royal Academy of Engineering, London, 2000

ANG

The objectives of our group are compliant with the mission: "to foster excellence of applied research and transfer of research achievements into the practical applications, hence serving to the progress in Slovenia". Our focus is therefore mainly applied research, where a substantial emphasis is largely derived from the needs of our economy. The research has been carried out in accordance with the wellknown MODE 2 research paradigm\*, characterized by (i) research in the context of application, (ii) interlacement of basic and applied research and (iii) the development with strong accent on design. That is why applied and technological results are prevailing over pure research results.

The impact achieved by the underlying programme is both direct and indirect. An example of the direct impact is transfer of research results into realization of an intelligent valve drive for Danfoss Trata Ltd. Here an innovative solution has been adopted to ensure longer and more stable valve operation and energy saving in district heating systems. The valve has already become bestseller at Danfoss (till 2014 around 90,000 have been sold, over the next three years another 120,000 pieces are planned to be sold in the total amount of approximately € 13 Mio). Another example is the development of a diagnostic system for fully automatic final quality control of electric motors in the company Domel Ltd. With the introduction of these systems on seven production lines the final control became fully automatic and consequently the scrap was dramatically reduced. According to the claims of the representatives of Domel Ltd. the use of these systems provide a fundamental contribution to high endquality of their products and is one of the essential elements to increase the company's competitiveness in the global market. During the last few years, the company has become a major European supplier of electric motors for vacuum cleaner units (more than 60% market share), it annually produces more than 3 million motors and had in 2013 on annual turnover of almost € 100 Mio and net profit of € 2 Mio.

Indirect impact can be seen through the results of the Competence Centre for Advanced Control Technologies, where our group played leading role in research and development activities. Twelve companies involved in the competence centre, during the period 2010-2013 increased sales in the market by 33%, reaching a total value of sales of € 473.4 Mio. With an increase of employees by 2%, the companies' GVA per employee increased by 8%, with an average GVA of € 54,027. The share of exports in sales has also increased by 2 % to the total export value of € 381.6 Mio. Therefore, we believe that the impact of our research on our economy and society is obvious and substantial.

\* See , for example: Gibbons and coauthors, " The new production of knowledge " , Sage Publications , London , 1995 , or "Measuring Excellence in Research Engineering", Royal Academy of Engineering, London, 2000

## 10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014<sup>11</sup>

### 10.1. Diplome<sup>12</sup>

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	1
bolonjski program - II. stopnja	4
univerzitetni (stari) program	21

### 10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti<sup>13</sup>

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
22329	Sebastjan Zorzut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

25655	Boštjan Pregelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25704	Jani Kleindienst	<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"/>	
28479	Matej Gašperin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29532	Tomaž Lukman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34624	Pavle Boškoski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
4944	Giovanni Godena	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28721	Aleš Svetek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31094	Jernej Mrovlje	<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 usposabljanju<sup>14</sup>**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
22329	Sebastjan Zorzut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
25655	Boštjan Pregelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
25704	Jani Kleindienst	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
26477	Satja Lumbar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28479	Matej Gašperin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29532	Tomaž Lukman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
34624	Pavle Boškoski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
4944	Giovanni Godena	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
28721	Aleš Svetek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	E - Tujina
31094	Jernej Mrovlje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	E - Tujina

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	Pavle Boškoski	C - študent – doktorand	24
0	Jan Prikryl	B - uveljavljeni raziskovalec	2
0	Daniel Toublant	C - študent – doktorand	2

0	Henry Rafael Gomez	C - študent - doktorand	4	
0	Alexandra Grancharova	B - uveljavljeni raziskovalec	2	
0	Magdalena Macek	C - študent - doktorand	2	
0	Živko Južnič Zonta	C - študent - doktorand	4	
29924	Matija Perne	A - raziskovalec/strokovnjak	6	
31565	Blaž Tavčar	A - raziskovalec/strokovnjak	3	
28682	Tina Baggia	A - raziskovalec/strokovnjak	12	
0	Nada Kocare	C - študent - doktorand	12	
0	Filip Nikolovski	C - študent - doktorand	12	
0	Matic Ivanovič	C - študent - doktorand	12	
0	Stefan Nikolovski	C - študent - doktorand	5	

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 1.1.2009-31.12.2014<sup>15</sup>

SLO

Vsebine programa 2009-2014 se komplementarno navezujejo tudi na relevantne vsebine 6. in 7. Okvirnega programa (OP) EU. V letu 2009 smo uspešno zaključili delo v okviru dveh projektov 6. OP:

1. **CONNECT** - Design of Advanced Controllers for Economic, Robust and Safe Manufacturing Performance (koordinatorski projekt: Process Systems Enterprise Ltd, UK, nacionalni nosilec: dr. Vladimir Jovan, 2006-2009). Naša skupina je bila v okviru projekta zadolžena za raziskavo uporabe eksplicitnega prediktivnega vodenja pri vodenju proizvodnih procesov.

2. **PEGASE** - HelicoPter and aEronef naviGation Airborne System Experimentations (koordinatorski projekt: Dassault Aviation, Francija, nacionalni nosilec: prof. Stanko Strmčnik, 2007-2009).

Vsebina raziskave se nanaša na problematiko avtomatskega pristajanja letal s pomočjo kamere na letalu. Naša skupina je bila v okviru projekta zadolžena za načrtovanja prediktivnega algoritma za avtomatsko pristajanje brezpilotnega letala.

V okviru 7. OP smo posebno pozornost namenili tudi aktualnim projektom na področju raziskav in uporabe alternativnih virov energije. Od leta 2011 sodelujemo v treh tovrstnih projektih:

3. **FCGEN** - Fuel cell Based Onboard Power Generation (koordinatorski projekt: Volvo Technology AB, Švedska, nacionalni nosilec: dr. Boštjan Pregelj, 2011-2014). Cilj projekta je izdelava prototipa pomožne napajalne enote na gorivne celice za tovornjake. Naša skupina je zadolžena za realizacijo vodenja reformerja goriva, gorivnih celic in energetskega sistema.

4. **IFluMaBack** - Fluid Management Component Improvement for Back up Fuel Cell Systems (koordinatorski projekt: Electro Power Systems, SpA, Italija, nacionalni nosilec: dr. Pavle Boškovič, 2012-2015). Cilj projekta so prototipi znatno učinkovitejših BoP komponent, ki se

uporabljajo v sistemih s PEM gorivnimi celicami (črpalka vodika, puhalo za zrak, vlažilnik, toplotni izmenjevalnik). Naša skupina je zadolžena za končno kontrolo proizvodnje puhal in optimizacijo sklopa za elektronsko komutacijo puhal.

5. **DIAMOND** - Diagnosis - aided Control for SOFC Power Systems (koordinatorski projekt: HyGear Fuel Cell Systems B.V., Nizozemska, nacionalni nosilec: prof. Đani Juričić, 2014-2017). Cilj projekta je optimizacija vodenja agregata s SOFC gorivnimi celicami, kjer je naša skupina zadolžena za zasnovo vodenja celotnega sistema s poudarkom na sprotni diagnostiki delovanja sistema.

V okviru navedenih projektov smo sodelovali z nekaterimi najbolj uglednimi evropskimi raziskovalnimi inštitucijami (ETH, Imperial College London, VTT, NTNU, University of Manchester, EPFL, CNRS, INRIA, itd.) ter z okoli 20 evropskimi podjetji.

#### 14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS<sup>16</sup>

SLO

Programska skupina ima na področju raziskav, prenosa in uporabe rezultatov tehnologije vodenja že več kot tri desetletja vodilno vlogo v povezovanju akademske sfere z gospodarstvom. Je pobudnik in soustanovitelj Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov in Tehnološkega centra za avtomatizacijo, robotizacijo in informatizacijo proizvodnje (Center ARI), ki združujeta več kot 20 ponudnikov storitev s področja tehnologije vodenja (inštitucij znanja, storitvenih podjetij, sistemskih integratorjev) in industrijskih podjetij v Sloveniji. Ker se zavedamo aktualnosti raziskav na področju alternativnih virov energije, je programska skupina v 2009 soustanovila Razvojni center za vodikove tehnologije (RCVT), ki deluje kot nosilec raziskav na področju vodikovih tehnologij in Center odličnosti Nizkoogljivične tehnologije. Oba centra združujeta poleg akademskih institucij več kot 20 slovenskih podjetij, ki se ukvarjajo z raziskavami in uporabo alternativnih virov energije. V obdobju 2009-2014 je programska skupina sodelovala z industrijskimi partnerji v naslednjih treh sklopih aktivnosti:

1. Programska skupina je sodelovala pri vzpostavitvi in delovanju Kompetenčnega centra za sodobne tehnologije vodenja kot enega izmed sedmih kompetenčnih centrov, ki jih je sofinancirala R. Slovenija z namenom povečanja kompetitivnosti slovenskega gospodarstva. Vsebina dela kompetenčnega centra so bile raziskave na področjih naprednih algoritmov in razvoj namenskih orodij in gradnikov za vodenje, vrednost projekta je bila nad 9 mio €. V izvajanje tega projekta je bila vključena večina sodelavcev programske skupine (skupni obseg del 1,5 Mio €), najpomembnejšo vlogo so imeli:

- pri vodenju celotnega projekta (S. Strmčnik),
- koordinaciji vseh raziskovalnih aktivnosti projekta (N. Hvala)
- pri raziskavah v 12 raziskovalno-razvojnih podprojektih (D. Juričić, D. Vrančić, D. Gradišar, P. Boškosi, V. Jovan, N. Godena, itd).

2. Programska skupina je v 2009 soustanovila Center odličnosti Nizkoogljivične tehnologije kot enega od osmih centrov odličnosti, ki jih je sofinancirala R Slovenija z namenom izvajanja raziskav na prioritetnih raziskovalnih področjih. V obdobju 2009-2013 je v centru sodelovalo 6 sodelavcev programske skupine kot nosilcev aktivnosti na raziskavah vodikovih tehnologij v obsegu 0,5 Mio €. Najpomembnejšo vlogo nosilcev podprojektov s področij proizvodnje, shranjevanja in uporabe vodika so imeli:

- Cenovno učinkovite tehnologije pridobivanja in shranjevanja vodika (G. Dolanc)
- Zasnova cenovno sprejemljivega in učinkovitega sistema s PEM gorivnimi celicami (V. Jovan)
- Izdelava demonstracijskega prototipa agregata z gorivnimi celicami (J. Petrovčič)

3. Vsebina programa programske skupine je koncipirana dovolj široko, da omogoča pridobivanje najnovejših znanj, ki so potrebna in uporabna za izvedbo pogodbenih projektov za posamezna podjetja. V obdobju 2009-2014 smo zaključili več kot 30 pogodbenih projektov za domačo in evropsko industrijo.



**15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)**<sup>12</sup>

SLO

Vrhunska specializirana znanja za razvoj gradnikov in implementacijo sistemov do samega končnega uporabnika daje raziskovalni skupini prepoznavno mesto v domačem in tudi mednarodnem prostoru. Zahvaljujoč temu je vrsta raziskovalnih rezultatov že zaživela v sistemih, ki se uporabljajo v praksi in s tem prispevajo k dodani vrednosti in dvigu konkurenčnosti gospodarstva. Posebnost programske skupine se kaže v sposobnosti pokrivanja praktično celotne verige vrednosti od temeljnih raziskav do industrijskih implementacij. Tovrstna strategija kaže prednosti takrat, ko gre za zahtevne inovativne razvojne cikle. Zato je veliko rezultatov dela programske skupine visoko na lestvici tehnološke razvitosti (TRL).

Na področju razvoja orodij in gradnikov za vodenje so bili razviti napredni algoritmi vodenja, ki sta jih podjetji Inea in Kolektor Sinabit vključili v okolja za programiranje zaprtotlačnih regulacijskih problemov.

Prototip orodja za modelni razvoj programske opreme za vodenje je zrel za prenos v uporabo industrijskim integratorjem.

Prototip programskega orodja za analizo in optimizacijo proizvodne dinamike ProOpter, ki je rezultat raziskav na področju vodenja proizvodnje, smo preizkusili v proizvodnem obratu podjetja Helios.

Primer uspešne tehnologije kot rezultat (v veliki meri) programa je gotovo sistem za končno kontrolo kakovosti elektromotorjev, ki je bil razvit za specifične zahteve proizvajalca na Kitajskem. Tudi implementacija sistemov za nadzor opreme na podlagi porazdeljenega senzorskega omrežja, ki je delno nastalo v okviru programa, že ima prve aplikacije v industriji, pri čemer gre za novo tehnologijo z vrsto izvirnih rešitev. Primer je preizkusna implementacija v podjetju Litostroj Power v obliki sistema za izvajanje sprotne nadzora industrijske opreme. Sistem je integriran v informacijski sistem podjetja.

O visoki tehnološki zrelosti posameznih rezultatov programa ter njihovih daljnosežnih vplivih na slovensko gospodarstvo je primer inteligentnega motornega pogona za podjetje Danfoss Trata, d.o.o.. V pogonu so vgrajeni najboljši algoritmi vodenja in predvsem izkušnje, ki so se dolga leta nabirale na področju razvoja materialne in programske opreme za sisteme vodenja. Zahvaljujoč tudi našim rešitvam je uspelo družbi opazno povečati prodajo HVAC motornih pogonov na svetovnem trgu.

Na področju učinkovite rabe energije je bil dokončan razvoj algoritma za optimalno izbiro sistemov ogrevanja in hlajenja v stavbah, ki ga je podjetje Goap implementiralo in testno preizkusilo na objektu, podjetje Kolektor Sinabit pa je na pilotnem bioreaktorju izvedlo implementacijo in testiranje razvitega algoritma za optimizacijo proizvodnje bioplina v bioplinarnah.

Poseben izziv na področju energije predstavlja tudi vodenje fuzijskega reaktorja, kjer je bila za realistični demonstrator vodenja fuzijskega reaktorja podjetja Cosylab razvita izboljšana regulacija položaja plazme na osnovi prediktivnega regulatorja.

**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	500.000 EUR
	Trenutno že poteka postopek ustanavljanja odcepljenega



ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>18</sup>	(spinout) podjetja. Predmet prenosa pravic sta tehnologija in rešitve, ki se nanašajo na porazdeljeni sistem za nadzor stanj industrijske opreme. Sistem je dosegel stopnjo zrelosti za trženje, zato bo največji delež potrebnih aktivnosti prav na intenzivnem trženju. Potrebujemo proizvodne prostore (100m <sup>2</sup> ), proizvodna oprema (200.000 €) in dva nova zaposlena.
---	--

## 17. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>19</sup>

### 17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Naslov: Nov diagnostični pristop za gorivne celice PEM

Pristop za sprotno ocenjevanje trenutnega kazalnika stanja služi za diagnosticiranje napak v gorivnih celicah PEM ter celokupno "zdravstveno stanje" naprave kvantificira z indeksom med 0 (stanje je v redu) in 1 (napaka). Glavna novost je v izvirnem postopu za pridobivanje značilk ter njihovi statistični analizi. Kot značilke se uporabljamo kompleksne koeficiente valčne transformacije signalov toka in napetosti celic, ki so pridobljeni ob vzbujanju z binarnim psevdonaključnim šumom v signalu toka. Značilke obravnavamo kot kompleksne naključne spremenljivke za katere smo analitično izpeljali funkcije porazdelitve gostote verjetnosti. Le-te so ključne za agregacijo značilk v končen kazalnik stanja z uporabo funkcij kopula. Članek, ki opisuje razviti postopek, je bil objavljen v reviji Journal of Power Sources, ki je druga po velikosti faktorja vpliva na področju elektrokemije.

### 17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Naslov: Izdelava diagnostičnega sistema za končno kontrolo elektromotorjev v podjetju Domel d.o.o.

V oktobru 2014 smo sodelavci Odseka za sisteme in vodenje E2 v podjetju Domel d.o.o. vgradili diagnostični sistem za končno kontrolo elektromotorjev na novi proizvodni liniji eko-motorjev za sesalnike. Najnovejši sistem je že osmi tovrstni sistem avtomatske končne kontrole kvalitete izdelkov, ki jih Domel uporablja v svojih tovarnah doma in tujini in je ključno pripomogel k temu, da je Domel v zadnjih nekaj letih postal vodilni evropski proizvajalec elektromotorjev za gospodinjske sesalce, ki obvladuje prek 60% evropskega trga in proizvede nad 3 milijone motorjev letno.

## 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  
koncesijo):*

Institut "Jožef Stefan"

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Đani Juričić

## ŽIG

Kraj in datum:	Ljubljana	13.3.2015
----------------	-----------	-----------

**Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/47**

<sup>1</sup> 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](#)

<sup>2</sup> 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](#)

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

<sup>4</sup> 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](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> 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](#)

<sup>8</sup> 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](#)

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

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

<sup>11</sup> 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](#)

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

<sup>13</sup> 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](#)

<sup>14</sup> 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](#)

<sup>15</sup> 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](#)

<sup>16</sup> 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](#)

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](#)

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

<sup>19</sup> 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 priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.rrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.rrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

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

A1-1C-AE-77-10-03-2D-D9-A4-93-F3-C1-FD-57-CE-85-D1-FC-65-63

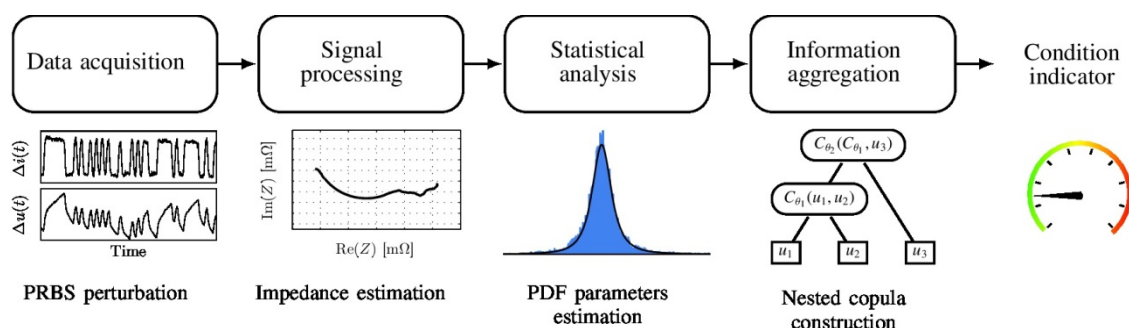
## **Priloga 1**

# TEHNIKA

## Področje: 2.06 – Sistemi in kibernetika

### Dosežek 1: Nov diagnostični pristop za gorivne celice PEM

Vir: BOŠKOSKI, Pavle, DEBENJAK, Andrej. Optimal selection of proton exchange membrane fuel cell condition monitoring thresholds. Journal of power sources, ISSN 0378-7753, dec. 2014, vol. 268, pp. 692-699, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.06.110. [COBISS.SI-ID 27816231].



Shema postopka za oceno stanja gorivne celice.

Pristop za sprotno ocenjevanje trenutnega kazalnika stanja služi za diagnosticiranje napak v gorivnih celicah PEM ter celokupno "zdravstveno stanje" naprave kvantificira z indeksom med 0 (stanje je v redu) in 1 (napaka). Glavna novost je v izvirnem postopku za pridobivanje značilk ter njihovi statistični analizi. Kot značilke se uporabljamo kompleksne koeficiente valčne transformacije signalov toka in napetosti celic, ki so pridobljeni ob vzbujanju z binarnim psevdonaključnim šumom v signalu toka. Značilke obravnavamo kot kompleksne naključne spremenljivke za katere smo analitično izpeljali funkcije porazdelitve gostote verjetnosti. Le-te so ključne za agregacijo značilk v končen kazalnik stanja z uporabo funkcij kopula. Članek, ki opisuje razviti postopek, je bil objavljen v reviji Journal of Power Sources, ki je druga po velikosti faktorja vpliva na področju elektrokemije.

## **Priloga 2**

# TEHNIKA

## Področje: 2.06 – Sistemi in kibernetika

### Dosežek 1: Izdelava diagnostičnega sistema za končno kontrolo elektromotorjev v podjetju Domel d.o.o.

Vir: PETROVČIČ, Janko, DOLANC, Gregor, BOŠKOSKI, Pavle, MUSIZZA, Bojan, ČERNE, Stanislav, ŠTRUBELJ, Miroslav. Diagnostični sistem za sesalne enote tipa 458 13.186.00.458 : tehnična dokumentacija, (IJS delovno poročilo, 11706). 2014. [COBISS.SI-ID 27995943]



Diagnostični sistem za končno kontrolo elektromotorjev na novi proizvodni liniji eko-motorjev v Domel-u

V oktobru 2014 smo sodelavci Odseka za sisteme in vodenje E2 v podjetju Domel d.o.o. vgradili diagnostični sistem za končno kontrolo elektromotorjev na novi proizvodni liniji eko-motorjev za sesalne enote. Najnovejši sistem je že osmi tovrstni sistem avtomatske končne kontrole kvalitete izdelkov, ki jih Domel uporablja v svojih tovarnah doma in tujini in je ključno pripomogel k temu, da je Domel v zadnjih nekaj letih postal vodilni evropski proizvajalec elektromotorjev za gospodinjne sesalce, ki obvladuje prek 60% evropskega trga in proizvede nad 3 milijone motorjev letno.