

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/107



## 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>	P2-0241
<b>Naslov programa</b>	Sinergetika kompleksnih sistemov in procesov Synergetics of complex systems and processes
<b>Vodja programa</b>	8782 Edvard Govekar
<b>Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)</b>	25990
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje programa</b>	01.2009 - 12.2014
<b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b>	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo 1539 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.21 Tehnološko usmerjena fizika
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.03 Mehanika

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

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

SLO

Optimizacija obstoječih in razvoj novih tehnologij in procesov s kompleksnimi in časovno spremenljivimi lastnostmi zahteva razumevanje vzajemnih nelinearnih interakcij, ki pogosto

lahko vodijo do nestabilnosti in celo kaotičnosti, kar se odraža v zašumljeni časovno prostorski strukturiranosti. Obravnava takšnih procesov je predmet številnih intenzivnih znanstvenih raziskav, v katere se vključujemo tudi v okviru raziskav programske skupine Sinergetika kompleksnih sistemov in procesov.

Sinergetska obravnava je zasnovana na uporabi naprednih metod obravnave kompleksnih sistemov in procesov, ki vključujejo metode verjetnosti in statistike, teorije informacije, kaotične dinamike, mehkega računanja, podatkovnega rudarjenja, adaptivnega empiričnega modeliranja, strojnega učenja, metod optimiranja in prediktivnega vodenja. Metode sinergetike so se izkazale kot izredno uporaben in znanstveno korekten pristop pri opisu kompleksnih sistemov in procesov. Zato je osrednja pozornost raziskav usmerjena v nadaljnji razvoj in uporabo sinergetskih metod za opis in karakterizacijo kompleksnosti tehnoloških procesov, kakor tudi metod za modeliranje, optimizacijo, napovedovanje in prediktivno vodenje kompleksnih sistemov in procesov.

Osnovni cilji raziskovalnega programa je doprinos k svetovni znanosti na področju opisa in razumevanja kompleksnih tehnoloških procesov. V ta namen so predvidene osnovne raziskave dinamskih pojavov v tehnoloških sistemih in procesih, razvoj novih ter prilagajanje in uporaba obstoječih naprednih nelinearnih metod analize signalov, adaptivne obdelave informacije in metod prediktivnega vodenja procesov. Spoznanja se uporabljajo pri izboljšavah obstoječih in razvoju novih tehnoloških procesov ter razvoju informacijskih in adaptivnih sistemov za avtomatsko spremljanje, karakterizacijo, diagnostiko, optimizacijo in vodenje kompleksnih tehnoloških sistemov, procesov, obremenjenih materialov in izdelkov.

Osrednjega pomena so sinergetske raziskave napovedovanja in prediktivnega vodenja procesov. Posebna pozornost je namenjena tudi uporabi metod sinergetike pri raziskavah laserskega procesiranja materialov in stabilnosti rezalnega procesa. Na teh področjih potekajo intenzivne raziskave procesa odrezavanja na tračni žagi, ter raziskave novih procesov laserskega tvorjenja in odlaganja kovinskih kapljic, ki se mu obetajo potencialne uporabe na področju izvedbe mikro spojev za delovanje v zahtevnih okoljih in na področju 3D strukturiranja s selektivnim odlaganjem kapljic.

Pozornost je namenjena tudi obravnavi naprednih in inteligentnih metod za obdelavo podatkov ter odkrivanja znanja, kar predstavlja visoko kompleksnost predvsem s stališča računske zahtevnosti. Zato postajajo vse pomembnejše zmogljive računske platforme za paralelno obdelavo podatkov. V ta namen raziskujemo in uporabljamo grafične procesorje (GPU), ki vsebujejo veliko število paralelno delujočih procesorskih jeder, ter tudi strojne (FPGA) paralelne izvedbe nevronske mreže.

ANG

The optimization of existing as well as the development of new technologies and processes with complex and time-varying properties requires an understanding of the mutual nonlinear interactions which can often lead to instabilities and even chaos, and are reflected in the corresponding temporal spatial structures. Consideration of such processes is the subject of a number of intensive scientific investigations in which we are involved within the framework of the research program 'Synergetics of complex systems and processes'.

Synergetic consideration is based on the application of advanced methods for consideration of complex systems including methods of probability and statistics, information theory, chaotic dynamics, soft computing, data mining, adaptive empirical modelling, machine learning, methods of optimization and predictive control. Synergetics methods have proved to be a very useful and scientifically correct approach for describing complex systems and processes. Therefore the research is focused on further development and application of synergetic methods for description and characterization of the complexity of technological processes, as well as for the empirical characterization, modelling, forecasting, and predictive control of complex systems and processes.

The main aim of the research program is to contribute to world science in the description and understanding of complex technological processes. With this objective, basic research into the dynamic phenomena occurring in technological systems and processes, the development of

new and the adaptation and application of existing advanced non-linear methods of signal analysis, adaptive information processing, and the predictive control of processes are foreseen. The acquired knowledge is applied in the improvement of existing and development of new technological processes, and in the development of information and adaptronic systems for automated condition monitoring, as well as for the characterization, diagnostics, optimization and control of complex technological systems, processes, loaded materials and products.

Synergetic research of forecasting and predictive control of processes is of central importance. Special attention is focused also to the application of methods of synergetics to laser material processing and stability of cutting processes. Within the context of this research, intensive investigations of the band sawing process, and the process of laser generation and deposition of metal droplets has been performed with perspective of various advanced joining and additive manufacturing applications

Attention is directed also to advanced and intelligent methods for data processing and knowledge discovery which are highly demanding in terms of computational complexity. Therefore the parallel processing computational platforms are becoming increasingly important. For this purpose, graphics processors (GPU) containing a large number of processing cores working in parallel, as well as hardware (FPGA) implementations of neural networks are applied and investigated.

### **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

#### Opis raziskovanja:

Namen raziskovalnega programa je doprinos k svetovni znanosti na področju razumevanja kompleksnih tehnoloških sistemov in procesov, razvoja novih izdelovalnih tehnologij ter informacijskih in adaptronskih sistemov. Pri tem so raziskave osredotočene na opis kompleksnosti vsled nelinearnosti, nestabilnosti in nestacionarnosti, razvoj in uporabo naprednih adaptivnih metod za modeliranje, avtomatsko sprotno spremljanje, diagnostiko, identifikacijo, vodenje in optimizacijo stanj kompleksnih tehnoloških sistemov in procesov, obremenjenih materialov, izdelkov, strojev in konstrukcij, na osnovi statistične in nelinearne analize več-senzorskih podatkov.

Skladno z raziskovalnim programom je raziskovalno delo potekalo na naslednjih tematikah, za katere navajamo pomembnejše raziskave, rezultate in njihovo uporabo:

#### **a) Raziskave nelinearnih in kaotičnih dinamskih lastnosti obdelovalnih in drugih kompleksnih tehnoloških procesov in sistemov**

- Nelinearna analiza, karakterizacija in identifikacija dinamike procesa laserskega tvorjenja posamezne in zaporedja kovinskih kapljic (LTK)
- Zasnova nelinearnega nizko dimenzionalnega modela LTK za opis resonančnega režima ločevanja viseče kapljice pri LTK
- Razvoj izvirnega opto-mehanskega sistema za lasersko tvorjenje in odlaganje posamezne in niza kapljic iz kovinske žice z uporabo anularnega laserskega žarka
- Razvoj tehnologije kapljičnega spajanja za izvedbo korozijsko in mehansko visoko odpornih mikro spojev temperaturno občutljivih komponent
- Nelinearna analiza stabilnosti in razvoj metod avtomatskega zaznavanja in izogiba drdranja pri procesa odrezovanja na tračni žagi
- Nelinearna analiza dinamike prometnih tokov in izdelava analitičnega modela za napoved dolžine zastojev

#### **b) Raziskave in razvoj senzorskih mrež ter metod optimalnega procesiranja/filtriranja multisenzorskih podatkov**

- Razvoj metod za določanje in združevanje najbolj informativnih značilk multisenzorskih podatkov
- Razvoj metode za zaznavanja drdranja

#### **c) Raziskave in razvoj prediktivnih metod za analizo in napovedovanje časovnih vrst**

#### **in polj**

- Raziskave predikcijskih metod in razvoj informacijskih sistemov na področjih napovedovanja odjema zemeljskega plina, napovedovanja izpustov NO<sub>x</sub> emisij, napovedovanja pretočnih časov proizvodnih naročil ter napovedovanja na področju cestnega prometa
- Analiza prometnih tokov Slovenskega avtocestnega omrežja in razvoj predikcijskih modelov za kratkoročno napovedovanje gostote prometa
- Analiza in razvoj nelinearne metode za modeliranje napovedi razvoja in parametrov polj z uporabo pri reprodukciji funkcionalnih površin

#### **d) Raziskave metod in razvoj inteligentnih adaptivnih in informacijskih sistemov za spremljanje, modeliranje in vodenje kompleksnih procesov**

- Razvoj adaptivnih metod in sistemov za adaptivno avtomatsko spremljanje kakovosti, diagnostiko, optimizacijo in napovedovanje stanj kompleksnih tehnoloških sistemov, procesov in izdelkov na osnovi procesiranja več-senzorskih podatkov
- Raziskave in razvoj metode robustne kontrole procesa laserskega tvorjena zaporedja kapljic z anularnim laserskim žarkom
- Razvoj algoritmov vodenja procesa polimernih zmesi

#### **e) Analiza akustične emisije ter raziskave in razvoj metod za neporušno preizkušanje obremenjenih materialov, izdelkov, konstrukcij in obdelovalnih procesov**

- Razvoj metod analize signalov in uporaba AE pri karakterizaciji inter- in trans-kristalnega napetostno korozijskega pokanja ter duktilnih prelomov
- Razvoj nelinearne regresijske metode za oceno debeline stene izdelka na osnovi ultra zvočnih signalov

#### **f) Raziskave samoorganizacije in sinergetike dinamskih sistemov**

- Raziskave možnosti uporabe samoorganizacije v obliki SOM mreže za načrtovanje proizvodnih zmogljivosti
- Razvoj novega postopka za gručenje kompleksnih podatkov na osnovi razširitve nevronske mreže SOM z algoritmom razvrščanja s simulacijo gravitacijske sile

#### **g) Podatkovno rudarjenje eksperimentalnih podatkov za iskanje zakonitosti med atributi**

- Povezovanje reometrijskih in mehanskih lastnosti gumenih zmesi z nevronskimi mrežami
- Povezovanje informacij razpršenih diagnostičnih sistemov v celovit informacijski sistem

#### **h) Uporaba informacijskih kriterijev (entropija, divergenca) pri modeliranju sistemov z ne-Gauss-ovimi porazdelitvami**

- Uporaba informacijsko-teoretičnih mer za izbiro najbolj relevantne podmnožice značilnik v bazah podatkov
- Vpeljava modificirane verzije informacijskega potenciala z uporabo posplošenih Renyijevih in Tsallisovih mer

#### **i) Identifikacija nelinearnih dinamskih sistemov z nevronskim modeliranjem in ekstrakcija pridobljenega znanja v univerzalne diskretne formalizme**

- Razvoj izvornih postopkov na področju sintezne biologije za načrtovanje logičnih funkcij treh vhodnih spremenljivk z NOR vrati

Rezultati raziskav so bili objavljeni v več kot 60 člankih v revijah s faktorjem vpliva ter predstavljeni v več kot 50 prispevkih na mednarodnih znanstvenih konferencah.

#### Sodelovanje s tujimi partnerji:

Sodelovanja s številnimi tujimi partnerji so potekala v obliki kratkih izmenjav v okviru COST akcij : P21-Physics of Droplets, TD 1105 - European Network on New Sensing Technologies for AirPollution Control and Environmental Sustainability – EuNetAir, MP1106- Smart and green interfaces: from single bubbles/drops to industrial/environmental/biomedical applications in TU 1102- Towards Autnomic Road Transport Systems, ki so se vsebinsko vključevale v raziskave raziskovalnega programa. Večletno zelo intenzivno sodelovanje v okviru raziskav tvorjenja in odlaganja kovinskih kapljic ter razvoja tehnologij za izvedbo temperaturno, korozijsko in mehansko odpornih mikro spojev za potrebe elektro in elektronske industrije poteka z BLZ – Bavarski Laserski Center in katedro za Fotonske tehnologije, Univerza Friederich-Alexander Erlangen-Nuernberg (Nemčija).

Prav tako imamo številne povezave s tujimi raziskovalnimi skupinami, med katerimi velja omeniti: ENSAM-LaBoMaP Cluny (Francija), ISF-Tehniška Univerza Dortmund (Nemčija),

Univerza v Budimpešti—Oddelek za uporabno mehaniko (Madžarska), WZL—RWTH Aachen, in WWU-Muenster, Oddelek za teoretično fiziko (Nemčija). V zadnjem obdobju se intenzivira tudi sodelovanje z Moscow State Technical University n.a. N.E. Bauman (Rusija).

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

*SLO*

Raziskave predloženega programa temeljijo na uporabi metod sinergetike, ki združujejo uporabo verjetnost in statistike, teorije informacije, kaotične dinamike, adaptivnih algoritmov in metod mehkega računanja. Raziskovalna problematika vključuje tako temeljne raziskave izvorov dinamske kompleksnosti tehnoloških sistemov in procesov, kakor tudi aplikativne raziskave na področju razvoja novih tehnologij ter uporabe naprednih adaptivnih metod za modeliranje, avtomatsko sprotno spremljanje, diagnostiko, identifikacijo, vodenje in optimizacijo kompleksnih tehnoloških sistemov in procesov, obremenjenih materialov, izdelkov, strojev in konstrukcij.

Na področju temeljnih raziskav je bil poudarek na raziskavah nelinearnih dinamskih lastnosti prometnih tokov, stabilnosti procesa tračnega žaganja ter različnih procesov laserskega tvorjenja in odlaganja kovinskih kapljic. Temeljne raziskave so vključevale tudi razvoj prediktivnih metod za napovedovanje kompleksnih pojavov, ter odprte problematike na področju podatkovnega rudarjenja, informacijsko teoretičnih mer in nevronskega modeliranja. Rezultati temeljnih raziskav so bili objavljeni v več kot 65 člankih v znanstvenih revijah s faktorjem vpliva. Kot soavtorji smo sodelovali pri objavi članka v ugledni reviji Nature Chemical Biology (IF=12.95, sprejeto v objavo 2014). Iz kazalcev znanstvenih objav skupine je razvidna visoka citiranost, kar potrjuje mednarodno znanstveno aktualnost raziskovalne problematike programske skupine.

Nova spoznanja temeljnih raziskav so bila v okviru aplikativnih raziskav vključena v razvoj novih tehnologij, sistemov in metod, pri čemer velja izpostaviti razvoj optomehanskega sistema za lasersko tvorjenje in odlaganje kovinskih kapljic ter izvedbo zahtevnih kapljičnih spojev, razvoj prediktivnih metod in sistema za napovedovanje odjema zemeljskega plina in razvoj metod za avtomatsko zaznavanje drdranja pri procesu tračnega žaganja.

Skupina v sodelovanju s slovensko industrijo dosega dobre rezultate pri prenosu raziskovalnih spoznanj v gospodarstvo in s tem skrbi za dvig tehnološke ravni in konkurenčnost gospodarstva. Slednje potrjuje večletno RR projektno sodelovanje s podjetji Danfoss Compressors, Secop compresorji, Energetika Ljubljana ter vzpostavljeno sodelovanje s podjetjem Gorenje in Gorenje orodjarna, ki je rezultiralo v razvoj in implementacijo številnih sistemov za avtomatsko spremljanje, diagnostiko, optimizacijo in napovedovanje stanj kompleksnih tehnoloških sistemov, procesov in izdelkov.

Člani skupine sodelujejo v mednarodnih projektih in s tujimi raziskovalnimi inštitucijami. Kot mentorji sodelujejo pri diplomah I, magisterijih II stopnje bolonjskega študija in doktoratih ter kot predavatelji na mednarodnih programih II stopnje, ki potekajo v okviru izobraževanja na UL in s tem skrbijo za prenos novih spoznanj v univerzitetne učne programe.

Na osnovi navedenega ocenjujemo, da je programska skupina v obdobju 2009-2014 v celoti izpolnila zadane raziskovalne in družbeno ekonomske cilje raziskovalnega programa.

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

*SLO*

V letu 2014 ni bilo vsebinskih sprememb raziskovalnega programa oziroma sprememb sestave programske skupine.

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

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	10984219	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Aplikacija laserskega tvorjenja kapljic na kapljično spajanje
		ANG	Laser droplet generation: Application to droplet joining
	Opis	SLO	Pri kapljičnem spajanju se iz kovinske žice z laserskim žarkom ustvari posamezno kapljico zahtevanega premera (< 1mm) in temperature ter odloži na mesto spajanja. Notranja energija in volumen kapljice omogočita spajanje različnih materialov. Članek opisuje lasersko tvorjenje kapljic, procesne parametre in sistem za lasersko tvorjenje kapljic ter spajanje. Uporaba laserskega kapljičnega spajanja je prikazana na različnih primerih: točkovno spajanje tankih metaliziranih komponent, točkovno spajanje medsebojno različnih materialov in zvezno kapljično spajanje pocinkane pločevine.
		ANG	In laser droplet joining, a drop of the desired size ( $\leq 1\text{mm}$ ) and temperature is generated on demand from a metal wire and deposited on a joining spot by a laser pulse. Droplet energy and volume are used to create a material-to-material joint. In this article, the laser droplet generation process, process parameters and a system for laser droplet generation and joining are described. Applicability of the technology is demonstrated with various examples: spot joining of thin metallized parts, spot joining of dissimilar materials and continuous droplet joining of zinc-coated steel sheets.
	Objavljeno v	Technische Rundschau; Hallwag Verlag; Colibri; Elsevier; CIRP annals; 2009; Vol. 58, iss. 1; str. 205-208; Impact Factor: 1.603; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.067; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Govekar Edvard, Jerič Anže	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	13478939	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primerjava statičnih in adaptivnih modelov za kratkoročno napovedovanje rezidenčnega odjema plina na Hrvaškem
		ANG	Comparison of static and adaptive models for short-term residential natural gas forecasting in Croatia
	Opis	SLO	V članku je raziskana učinkovitost statičnih in adaptivnih modelov za kratkoročno napovedovanje odjema zemeljskega plina. Študija temelji na dveh vrstah podatkov, ki obsegajo podatke o odjemu zemeljskega plina individualne stanovanjske hiše, ter podatke o odjemu zemeljskega plina za lokalno distribucijsko podjetje. Za napovedovanje odjema zemeljskega plina za en dan naprej so bili zgrajeni različni predikcijski modeli, vključno z linearnimi modeli, modeli nevronske mreže, in regresije s podpornimi vektorji. Modeli so bili raziskani v statičnih in v adaptivnih različicah. Za ocenitev posplošitvene sposobnosti razvitih predikcijskih modelov je bil uporabljen princip križnega vrednotenja. V primerjavi s statičnimi modeli so rezultati potrdili bistveno izboljšano uspešnost napovedovanja adaptivnih modelov, predvsem v primeru lokalnega distribucijskega podjetja, medtem ko se po pričakovanjih zaradi stacionarnega režima ogrevanja napovedi v primeru individualne hiše niso izboljšale z adaptivnimi modeli. Rezultati so tudi pokazali, da nelinearni modeli ne prekašajo linearnih modelov v smislu posplošitvene sposobnosti. Če so ustrezni vhodi pravilno izbrani, je za napovedovanje dnevnega odjema zemeljskega plina priporočljivo uporabiti linearne adaptivne modele.

		two sets of data, i.e. natural gas consumption data for an individual model house, and natural gas consumption data for a local distribution company. Various forecasting models including linear models, neural network models, and support vector regression models, were constructed for the one day ahead forecasting of natural gas demand. The models were examined in their static versions, and in adaptive versions. A cross-validation approach was applied in order to estimate the generalization performance of the examined forecasting models. Compared to the static model performance, the results confirmed the significantly improved forecasting performance of adaptive models in the case of the local distribution company, whereas, as was expected, the forecasts made in the case of the individual house were not improved by the adaptive models, due to the stationary regime of the latter's heating. The results also revealed that nonlinear models do not outperform linear models in terms of generalization performance. In summary, if the relevant inputs are properly selected, adaptive linear models are recommended for applications in daily natural gas consumption forecasting.
	ANG	
Objavljeno v		Applied Science Publishers; Applied energy; 2014; Vol. 129; str. 94-103; Impact Factor: 5.261; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: ID, II; Avtorji / Authors: Potočnik Primož, Soldo Božidar, Šimunović Goran, Šarić Tomislav, Jeromen Andrej, Govekar Edvard
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	13074715 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Analiza dinamike prometa na transportni mreži z avtocestnim obročem z uporabo 0-1 testa za kaos in Ljapunovega spektra
	ANG	Analysis of traffic dynamics on a ring road-based transportation network by means of 0-1 test for chaos and Lyapunov spectrum
Opis	SLO	Članek na podlagi analize in karakterizacije časovnih vrst pretoka prometa obravnava dinamiko prometa na transportni mreži z obročem, ki obdaja večje mesto. Obravnavane so tri časovne vste. Dve časovni vrsti sta dobljeni iz merilnih postaj na avtocestah, ena časovna vrsta pa je iz merilne postaje, ki je postavljena na avtocestnem obroču okoli Ljubljane. Za analizo in karakterizacijo časovnih vrst uporabimo novi, tako imenovani 0-1 test za kaos. Na podlagi izidov testa ugotovimo, da je opazovana dinamika kaotična. Dodatno izvedemo tudi natančnejšo karakterizacijo dinamike prometa na podlagi Ljapunovega spektra, ki razkrije, da je dinamika prometa na avtocestah kvantitativno precej različna od dinamike prometa na avtocestnem obroču.
	ANG	This paper considers the dynamics of traffic on a ring road-based transportation network around a major city, via traffic flow time series analysis and characterization. In particular, three traffic flow time series are examined. Two of the time series are acquired from measurement stations located on highways, while one is from a station on the ring road around Ljubljana city. For the analysis and characterization of time series the novel test called 01 test for chaos is applied. Based on the outputs of the test it is concluded that the observed traffic dynamics is inherently chaotic. Additionally, a more detailed characterization of traffic dynamics is carried out on Lyapunov spectrum basis, which reveals that traffic dynamics on the highway is quantitatively quite different from the traffic dynamics on the ring road.
Objavljeno v		Pergamon; Transportation research. Part C, Emerging Technologies; 2013; Vol. 36; str. 27-34; Impact Factor: 2.820; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.397; A'': 1; A': 1; WoS: YR; Avtorji / Authors: Krese Blaž, Govekar Edvard

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	5408026	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	DNA vezavne domene omogočajo izdelavo logičnih vezij v sesalskih celicah
		<i>ANG</i>	Designable DNA-binding domains enable construction of logic circuits in mammalian cells
	Opis	<i>SLO</i>	Elektronska računalniška vezja, sestavljena iz velikega števila povezanih logičnih vrat istega tipa, kot npr. NOR, je možno enostavno izdelati in lahko implementirajo poljubne logične funkcije. V nasprotju s tem morajo dizajnirana genetska vezja uporabljati ortogonalne mediatorje informacije zaradi proste difuzije znotraj celice. Kombinacijsko raznovrstnost in ortogonalnost je možno doseči z domenami, ki se vežejo na DNA in se jih da načrtovati. Uporabili smo transkripcijske represorje, podobne aktivatorjem (TAL) za optimizacijo izdelave ortogonalnih funkcijsko polnih NOR vrat pri implementaciji logičnih vezij. Uporabili smo tranzientno transfekcijo pri implementaciji vseh 16 dvovhodnih logičnih funkcij na osnovi istega tipa NOR vrat v celicah sesalcev. Poleg tega smo predstavili genetsko logično vezje, pri katerem en vhod izbira med funkcijama AND in OR. Tako smo pokazali potencial sestavljivih modularnih transkripcijskih faktorjev za gradnjo kompleksnih bioloških gradnikov, sposobnih procesiranja informacije.
		<i>ANG</i>	Electronic computer circuits consisting of a large number of connected logic gates of the same type, such as NOR, can be easily fabricated and can implement any logic function. In contrast, designed genetic circuits must employ orthogonal information mediators owing to free diffusion within the cell. Combinatorial diversity and orthogonality can be provided by designable DNA-binding domains. Here, we employed the transcription activator-like repressors to optimize the construction of orthogonal functionally complete NOR gates to construct logic circuits. We used transient transfection to implement all 16 two-input logic functions from combinations of the same type of NOR gates within mammalian cells. Additionally, we present a genetic logic circuit where one input is used to select between an AND and OR function to process the data input using the same circuit. This demonstrates the potential of designable modular transcription factors for the construction of complex biological information-processing devices.
	Objavljeno v	2005-; Nature chemical biology; 2014; Vol. 10, no. 3; str. 203-208; Impact Factor: 13.217; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.814; A": 1; A': 1; WoS: CQ; Avtorji / Authors: Gaber Rok, Lebar Tina, Majerle Andreja, Šter Branko, Dobnikar Andrej, Benčina Mojca, Jerala Roman	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	1618535	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Več senzorsko spremljanje in karakterizacija interkristalnega napetostno korozijskega pokanja austenitnih nekorozijskih jekel
		<i>ANG</i>	Correlations of electrochemical noise, acoustic emission and complementary monitoring techniques during intergranular stress-corrosion cracking of austenitic stainless steel
	Opis	<i>SLO</i>	Predstavljeni so eksperimenti in analiza sočasno detektiranih signalov elektrokemijskega šuma (EŠ), akustične emisije (AE), raztezka preizkušanca in digitalnih posnetkov razpoke med interkristalnim napetostno korozijskim pokanjem nerjavnega jekla AISI 304 izpostavljenega korozijski spojini. Izvedena je bila analiza povezav med posameznimi merjenimi spremenljivkami. Iz meritve EŠ in raztezka obdelovanca kakor tudi iz korelacijske analize digitalnih posnetkov je



		mogoče zaznati začetno rast razpoke med tem ko so izbruhi AE značilni predvsem pri večjih razpokah in pred porušitvijo.
	ANG	Specimens of sensitized type AISI 304 stainless steel were subjected to constant load and exposed to an aqueous sodium thiosulphate solution. Intergranular stress-corrosion cracking was monitored simultaneously for electrochemical noise, acoustic emission, and specimen elongation. A section of the gauge length was monitored optically with subsequent analysis by digital image correlation. Correlations between the results were observed and analysed. Electrochemical noise and elongation are associated with crack propagation from the early stages, whereas acoustic emission is associated with the final stages of fracture. Digital image correlation analysis is sensitive to crack development, and is used to measure crack length and crack openings.
Objavljeno v		Pergamon Press; Corrosion science; 2010; Vol. 52, iss. 6; 2015-2025; Impact Factor: 3.261; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.709; A'': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Kovač Jaka, Alaux Carole, Marrow T. J., Govekar Edvard, Legat Andraž
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

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

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	11908635	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Adaptivna industrijska diagnostika proizvodnje kompresorjev
		ANG	Adaptive industrial diagnostics for the manufacturing of compressors
	Opis	SLO	Opisan je adaptivni diagnostični sistem za zaznavanje napak kompresorjev na osnovi vibracij. Sistem je bil razvit v Laboratoriju za sinergetiko Fakultete za strojništvo v Ljubljani ter pilotno preizkušen v podjetju SECOP kompresorji, d.o.o.. Sistem je sestavljen iz več mehatronskih sklopov za zagotavljanje predpisanih delovnih pogojev kompresorja (električni priklop, protitlačni sistem), ter iz merilne in programske opreme za upravljanje sistema. Za razpoznavanje napak kompresorjev na osnovi vibracij smo razvili adaptivni algoritem, ki zaznavajo odstopanja značilnosti kompresorja od tekoče populacije kompresorjev. Za analizo signalov vibracij je uporabljena obdelava signalov na osnovi psihoakustične analize, ki omogoča zaznavanje tako stacionarnih karakteristik kompresorja (zven), kot tudi tranzientnih pojavov (trki sestavnih delov ob ohišje). Industrijsko testiranje je potrdilo zmogljivost sistema za zanesljivo zaznavanje napak kompresorjev, s čimer znatno prispevamo k zagotavljanju končne kakovosti na izhodu proizvodne linije.
		ANG	Adaptive diagnostic system for detection of compressor faults based on vibration is described. The system was developed in the Laboratory of Synergetics, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana, and pilot tested in the company SECOP compressors, d.o.o.. The system consists of several mechatronic assemblies for the provision of prescribed operating conditions of the compressor (electrical connection, backpressure system), and of measurement components and control software. For fault diagnosis based on vibrations of compressors, an adaptive algorithm was developed that detects deviations of the compressor characteristics from the current compressors population. For the analysis of vibration signals, psychoacoustic based signal processing is applied to detect both stationary characteristics of the compressor (sound), as well as transient events (collisions of components into the housing). Industrial testing confirmed the ability of the system to reliably detect compressors faults, thus significantly

		contributing to the final quality at the output of the production line.	
	Šifra	F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, LASIM; Ventil; 2011; Letn. 17, št. 3; str. 250-[254]; Avtorji / Authors: Potočnik Primož, Mužič Peter, Dragoš Vid, Govekar Edvard	
	Tipologija	1.04 Strokovni članek	
2.	COBISS ID	12703259	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Večletno sodelovanje in izvedba RR projekta s podjetjem Energetika Ljubljana
		ANG	Long term cooperation and implementation of R&D project with the company Energetika Ljubljana
	Opis	SLO	Tekom večletnega sodelovanja s podjetjem Energetika Ljubljana, d.o.o., smo razvili sistem za kratkoročno napovedovanje odjema zemeljskega plina s predikcijskim horizontom $h = 1,2, \dots, 48$ ur. Sistem je bil izdelan kot programska aplikacija, nameščena na strežniku podjetja. Jedro sistema tvori predikcijski model, ki na osnovi preteklega odjema, vremenskih napovedi in populacijske dinamike napove naslednjih 48 ur odjema zemeljskega plina. Napovedi sistema so v podjetju Energetika Ljubljana, d.o.o., osnova za optimizacijo celotnega sistema distribucije zemeljskega plina. Tekom večletnega sodelovanja smo razvili in implementirali več izboljšav sistema ter razširili predikcijski horizont na sedanjih 1...48 ur, ter hkrati skrbeli za nemoteno delovanje, vzdrževanje in posodabljanje sistema.
		ANG	During the several years of cooperation with company Energetika Ljubljana, d.o.o., a system for short term natural gas consumption forecasting with forecasting horizon $h = 1,2, \dots, 48$ hours was developed. The system was designed as a software application installed on the server of the company. The core of the system consists of a forecasting model which, based on past consumption, weather and population dynamics, predicts the next 48 hours of natural gas demand. Forecasts of the system are in the company Energetika Ljubljana, d.o.o., a basis for the optimization of the entire natural gas distribution system. During the multi-annual cooperation we have developed and implemented several improvements to the system and expanded the prediction horizon into the current 1 .. 48 hours, and at the same time provided smooth operation, maintenance and adaptation of the system.
	Šifra	F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko; 2012; 11 f.; Avtorji / Authors: Potočnik Primož, Govekar Edvard	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
3.	COBISS ID	12832795	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj sistema za preverjanje kakovosti ležajev za podjetje Gorenje orodjarna
		ANG	Development of a system for bearing quality testing for company Gorenje orodjarna
			Skladno z naročilom na osnovi ponudbe št. 20120702A "Razvoj sistema za preverjanje kakovosti ležajev" podjetja Gorenje Orodjarna, d.o.o., smo v sklopu razvoja mehanskega dela sistema za preverjanje kakovosti ležajev podali več idejnih rešitev in zasnov, ki vključujejo zasnovo pogonskega sklopa, sklopa za obremenjevanje ležajev ter zasnovo merilne glave. Cilj podanih zasnov je bilo zagotoviti enostavno, natančno in ponovljivo nastavitve obratovalnih pogojev ležajev različnih tipov in velikosti ter

	Opis	SLO	zagotoviti čim bolj kakovosten zajem signalov vibracij, akustične emisije in temperature, ki se generirajo med obratovanjem obremenjenega ležaja. Na osnovi uvodnih meritev smo izvedli analizo vibracij ležajev. Izpeljali smo osnovni značilki (logMS, kurtosis), ki v kombinaciji ločita ležaje na nizko-, srednje- in visoko-šumne. Za podrobnejše vrednotenje predlagane metode in interpretacijo dobljenih rezultatov bo treba pridobiti vzorce z znano kakovostjo ter izvesti trajnostne preizkuse ležajev.
		ANG	In accordance with the offer no. 20120702A "Development of a system for quality monitoring of bearings" of the company Gorenje Orodjarna, d.o.o., several conceptual solutions were proposed for the development of a mechanical system for the implementation of stress tests of bearings. The proposed concepts include drive assembly, load assembly, and measuring head. The objective of the proposed conceptual solutions was to provide simple, accurate and repeatable adjustment of the operating conditions for bearings of various types and sizes, as well as provide a high-quality signal acquisition of vibration, acoustic emission and temperature, which are generated during the operation of the loaded bearing. Based on initial measurements, vibration signals of bearings were analysed. Two basic features were extracted (logMS, kurtosis), which combined discriminate bearings in low-, medium- and high-noise. For more accurate evaluation of the proposed method, the samples with known quality should be obtained and sustainable tests carried out.
	Šifra	F.13 Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko; 2013; 20 str.; Avtorji / Authors: Potočnik Primož, Mužič Peter, Govekar Edvard	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
4.	COBISS ID	10981147	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj sistema za kapljično varjenje z aplikacijo na spajnji pocinkane pločevine
		ANG	Development of a Laser droplet welding system of zinc coated steel sheets
Opis	SLO	Pri varjenju pocinkane pločevine pogosto prihaja do napak v spojih in okolici spojev, ki jih povzroča hitro uparjanje cinka ter odstranjen cink. Članek opisuje proces laserskega tvorjenja kapljic in njegovo uporabo za kapljično varjenje pocinkane pločevine. Rezultati raziskave so pokazali, da je lasersko kapljično varjenje obetajoča tehnologija za točkovno in zvezno varjenje spojev različnih geometrij z odličnimi mehanskimi lastnostmi in korozijsko odpornostjo.	
	ANG	The weldability of zinc coated steel sheets is often compromised by weld seam defects caused by rapid zinc vaporisation and burned-off zinc. Owing to this, welded seams usually remain unprotected from corrosion and are accompanied by undesirable porosity. In this paper, the laser droplet generation process and its application to laser droplet welding of zinc coated steel sheets are described. The influences of laser droplet generation and welding process control parameters on the properties of joints of zinc coated steel sheets are presented. Results show that laser droplet welding offers a promising technology for spot and continuous welding of zinc coated steel sheets in different joint configurations with good mechanical properties and corrosion resistance.	
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Institute of Materials; Science and technology of welding and joining; 2009; Vol. 14, no 4; str. 362-368; Impact Factor: 1.327;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.699; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Jerič Anže, Grabec Igor, Govekar Edvard	

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	7219796	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Prediktivno vodenje mešalnika gumenih zmesi z modeli nevronske mreže
		ANG	Predictive control of rubber mixing process based on neural network models
	Opis	SLO	Delo predstavlja uspešno vzpostavitev zaprto zankega vodenja mešalnika gumenih zmesi z uporabo tehnik mehkega računanja v povezavi s teorijo informacij. Poskusi na industrijskem mešalniku so pokazali, da je z modeli procesa, ki vključujejo nevronske mreže v povezavi s teorijo informacije, moč učinkovito voditi potek viskoznosti med mešanjem po želeni trajektoriji. Zasnovan je bil sproten prediktivni sistem vodenja procesa mešanja gumenih zmesi na industrijskem mešalniku v podjetju Savatech, d.o.o. Testi v proizvodnji so pokazali občutno izboljšanje kvalitete zmesi.
		ANG	In this work we have successfully implemented closed-loop control of rubber mixer by using soft computing methods in combination with information theory. Experiments on industrial mixer showed that the process models, which include neural networks in combination with information theory, allow us to efficiently follow the optimal trajectory. We have developed an on-line predictive control system on an industrial rubber mixer of a local rubber producer. Tests in production showed improved compound quality.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Hüthig; Kautschuk-Gummi-Kunststoffe; 2009; Jg. 62, Nr. 7/8; str. 378-382; Impact Factor: 0.422; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.278; WoS: II, UY; Avtorji / Authors: Bratina Marko, Šušterič Zoran, Šter Branko, Lotrič Uroš, Dobnikar Andrej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

## 8. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>2</sup>

Svetovanje pri procesu vzpostavljanja in vodenja raziskovalno-razvojne funkcije s podjetjem Danfoss compressors / SECOP

V letu 2012 je bilo zaključeno je bilo 8-letno uspešno sodelovanje s podjetjem Danfoss Compressors, d.o.o., (od leta 2011 SECOP, d.o.o.). V sklopu sodelovanja je bila v podjetju ustanovljena Raziskovalna skupina Danfoss Compressors d.o.o., katere vodja je bil prof. dr. Edvard Govekar. V sodelovanju s skupino smo člani programske skupine razvili številne sisteme za avtomatsko spremljanje kakovosti procesa proizvodnje kompresorjev, med katerimi velja še posebej izpostaviti sistem za končno kontrolo kakovosti kompresorjev na osnovi vibroakustičnih signalov kompresorja. Seznam v okviru sodelovanja izvedenih RR projektov je naslednji:

- Razvoj diagnostičnega sistema za končno kontrolo kompresorjev
- Razvoj protitlačnega sistema za testiranje kompresorjev
- Razvoj priključnega konektorja za avtomatizirani zagon kompresorjev
- Razvoj sistema za zaznavanje napak vzmeti pri montaži kompresorjev
- Razvoj sistema za diagnostiko vrtenja kolenčaste gredi kompresorjev
- Določanje dimenzijskih razredov parjenja bat-cilinder kompresorjev
- Vpliv in kompenzacija temperature na diagnostično značilko električne moči kompresorja
- Razvoj sistema za zaznavanje napak vtiskovanja ojníc kompresorjev

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

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Osrednja pozornost raziskovalne vsebine je usmerjena v uporabo in razvoj sinergetskih metod za opis kompleksnih tehnoloških procesov s ciljem prispevati k razumevanju in opisu fizikalnih lastnosti, dinamike in vzrokov kompleksnosti obravnavanih tehnoloških procesov. Rezultati programa so prispevali in so izrednega pomena pri nadaljnjem uveljavljanju metod sinergetike kot uspešne znanstvene metode, s čimer hkrati prispevamo k tesnejši vzajemni povezavi fizike, verjetnosti in statistike, informatike in tehničnih znanosti iz vidika teoretične in eksperimentalne obravnave kompleksnih sistemov in procesov. Slednje se je poleg izrednega pomena pri razumevanje fizikalnih lastnosti, modeliranju dinamike ter poznavanje vzrokov kompleksnosti tehnoloških procesov, izkazalo kot zelo pomembno tudi pri izboljšavah in optimiranju obstoječih ter razvoju novih kompleksnih tehnoloških procesov. S tem aktivno sodelujemo in prispevamo k napredku znanosti na področju dinamike kompleksnih tehnoloških procesov.

V okviru raziskav so bile obravnavane aktualne tematike v povezavi z nestabilnostjo odrezavanja na tračni žagi, kar je izrednega pomena pri razvoju znanosti na področju odrezovalnih tehnologij. Na področju raziskav laserskega procesiranja materialov smo posebno pozornost namenili raziskavam novega procesa laserskega tvorjenja in odlaganja kovinskih kapljic iz kovinske žice ter uporabi anularnega laserskega žarka pri procesiranju zahtevnih kovinskih materialov. Rezultati so poleg razumevanja interakcij anularnega laserskega žarka s snovjo prinesli nova spoznanjih na področju izvedbe zahtevnih mikro spojev in na področju aditivnih tehnologij.

Raziskave metod analize časovnih vrst in predikcijskih metod za napovedovanje časovnih vrst so rezultirale v razvoj specifičnih metod za posamezna ciljna področja uporabe, s čimer prispevamo k razvoju znanosti tako na področju bazičnega razvoja metod, kot tudi na ciljnih področjih uporabe razvitih metod in modelov. Pri tem velja izpostaviti sinergetski pristop združevanja različnih metod v enovite in splošne funkcionalne predikcijske sisteme na področju kompleksnih energetskih, poslovnih ter prometnih sistemov in procesov.

Rezultati na področju izbire relevantnih značilk v podatkih, kakor tudi razvrščanje podatkov na osnovi ansamblov so izrednega pomena pri iskanju zakonitosti in organizaciji podatkov, še posebej v primeru velikih podatkovnih struktur. Pri tem sta bili z novo metodo segmentacije slik na osnovi Markovih naključnih polj ter metodo gručenja, ki temelji na Kohonenovi samoorganizaciji in gravitacijskem algoritmu, dosežena pomembna doprinosa na področju določanja vplivov spremenljivk ter organizaciji kompleksnih podatkov.

V okviru raziskav in razvoja metod obdelave multisenzorskih podatkov in inteligentnih adaptronskih sistemov za spremljanje, modeliranje, optimizacijo in vodenje kompleksnih procesov, ter metod za neporušno preizkušanje in karakterizacijo obremenjenih materialov in izdelkov smo prispevali k razvoju znanosti na področju naprednih metod obdelave signalov za namen diagnostike industrijskih procesov in izdelkov na osnovi nevronske mreže in sodobnih učeeh se sistemov. Pomemben doprinos smo dosegli na področju razvoja in uporabe naprednih nelinearnih značilk in združevanja informativnih značilk različnih senzorjev pri karakterizaciji stabilnosti procesa odrezavanja in procesa laserskega tvorjenja kovinskih kapljic, kar je izrednega pomena pri razvoju avtomatskih sistemov za spremljanje, diagnostiko in vodenje kompleksnih sistemov in procesov.

ANG

The main focus of the research is on development and application of synergetic methods in order to describe complex technological processes with the aim of contributing to the understanding and description of physical properties, dynamics and causes of complexity of technological processes. The proposed research program significantly contributes to further establish synergetic methods as a successful scientific approach, thus connecting the fields of physics, probability and statistics, informatics, advanced research methods of complex systems, and technical sciences in terms of theoretical and experimental treatment of complex systems and processes. The latter is of paramount importance in understanding of physical properties, in modelling of dynamic processes, and in understanding of causes of complexity of technological processes, as well as for the development of new advanced technological processes. Thus we actively contribute to the advancement of science in the field of description, characterisation and modelling of dynamics of complex technological processes.

Within the context of the proposed research, the instability of manufacturing processes is considered. Investigations of band saw cutting process instabilities, and laser droplet generation and deposition and annular laser beam material processing have been in focus. The results have revealed new development of science in the field of band sawing stability, annular laser beam matter interactions and material processing, as well as in the field of droplet based manufacturing technologies - including new technologies for droplet based micro-joining and 3D additive manufacturing.

In the field of the research of predictive methods for the analysis and prediction of time series and fields, we contribute to the development of specific methods for target application domains, thereby contributing to the development of science both in terms of the basic development of methods, as well as in terms of the application of developed methods and models to the target domain areas. Here it is to emphasize the synergetic treatment by combining and connecting various methods into uniform functional predictive systems in the field of complex energetic, business and traffic systems and processes.

The selection of relevant features in the data based on generalized information-theoretical measures and data clustering based on ensembles is, due to the promising results obtained, increasingly popular, especially in the case of large data sets. In relation to this, a significant contribution in establishment of the relations and organization of complex data have been achieved based on a novel method for image segmentation using Markov random fields and novel clustering algorithm using Kohonen's self-organizing map and gravitational algorithm.

Within the context of the research and development of methods for multisensory data processing and intelligent adaptronic systems for monitoring, modelling, optimization and control of complex processes, and of methods for non-destructive testing and characterization of loaded materials and products, we contribute to the development of science in the field of advanced signal processing methods for the application to diagnostics of industrial processes and products based on neural networks and modern learning systems. The results were contributed also in the field of development and application of advanced nonlinear features of sensory data, and in the field of multiple sensor data fusion, which is highly important in the development of adaptive systems for monitoring, diagnostics and control of complex systems and processes.

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

SLO

Na osnovi rezultatov raziskovalnega programa so bile predlagane izboljšave in izvedene optimizacije obstoječih, kakor tudi razvoj novih tehnologij in metod z možnostjo neposredne implementacije v različnih industrijskih panogah, vključujoč energetiko in proizvodno industrijo. Z rezultati raziskav prispevamo k praktičnim vidikom uporabe omenjenih znanj na področju obravnave kompleksnih sistemov in procesov, ter k prenosu znanj na področje inženirskih ved in tehnike. V okviru udeleževanj strokovnih srečanj, predvsem pa prek intenzivnega sodelovanja s partnerji slovenske industrije, doprinašamo k prenosu rezultatov raziskovalnega programa v strokovna in industrijska okolja. Spoznanja, pridobljena s pomočjo metod sinergetike, v sodelovanju z industrijskimi partnerji vključujemo v razvoj predikcijskih in adaptronskih sistemov za avtomatsko spremljanje stanj proizvodnih procesov, razvoj sistemov za prediktivno vodenje in optimizacijo procesov ter v optimizacijo obstoječih in razvoj novih tehnologij, procesov in izdelovalnih postopkov. Na ta način uvajamo v strokovna in inženirska okolja nove sinergetske pristope reševanja kompleksnih tehnoloških problemov ter nove metode za boljše obvladovanje kakovosti izdelovalnih procesov in produktov, s čimer znatno prispevamo k razvoju stroke in inženirske prakse.

Rezultati raziskav, ki vključujejo razvoj predikcijskih metod za analizo in napovedovanje časovnih vrst in polj, razvoj metod obdelave multisenzorskih podatkov in inteligentnih adaptronskih sistemov za spremljanje, modeliranje, optimizacijo in vodenje kompleksnih procesov, ter metod za neporušno preizkušanje in karakterizacijo obremenjenih materialov in izdelkov, so neposredno namenjeni spremljanju in zviševanju kakovosti izdelkov ter industrijskih in tehnoloških procesov. Pri tem velja izpostaviti raziskave in uporabo predikcijskih

metod pri razvoju sistemov za napovedovanje in optimizacijo stanj kompleksnih energetskih, prometnih in poslovnih sistemov, ki so ključnega pomena za skladen nadaljnji razvoj družbe.

Na podlagi uspešnih rezultatov raziskav predikcijskih metod je bil razvit in vpeljan modularen sistem za kratkoročno napovedovanje odjema zemeljskega plina ki omogoča relativno enostavno prilagoditev tudi na druga področja napovedovanja (sistemih daljinskega ogrevanja, sistemi upravljanja z zalogami). Razvit sistem predstavlja velik potencial za povečanje uspešnosti in konkurenčnosti podjetij v zahtevnih sodobnih poslovnih razmerah.

Raziskave sinergetike, ki vključujejo raziskave nestabilnosti tehnoloških procesov in razvoj novih tehnologij laserskega tvorjenja in odlaganja visoko temperaturnih kapljic, predstavljajo velik poslovni potencial na področju spremljanja stanj tehnoloških procesov in še posebej na področju izvedbe snovno zahtevnih mikro spojev iz vidika temperaturne in korozijske odpornosti, kakor tudi iz vidika mehanskih in ekoloških (spoji brez prisotnosti svinca) zahtev, ter tudi na področju razvoja novih 3D aditivnih tehnologij. Raziskave in razvoj metode laserskega in kapljičnega mikro spajanja ter 3D strukturiranja predstavljajo velik razvojni potencial za elektro in elektronsko industrijo, letalsko in vesoljsko industrijo ter za podjetja, ki izdelujejo funkcijsko zahtevne komponente. S temi znanji uvajamo v domače in tudi širše industrijsko okolje nove znanstveno podprte metode obravnave in izboljševanja tehnoloških procesov in izdelkov, s čimer prispevamo h konkurenčnosti in mednarodni prodornosti slovenske in evropske industrije.

ANG

Based on the results of research program, the improvement and optimization of existing technologies and methods, as well as the development of new approaches with the possibility of direct implementation in a variety of industries have been proposed, which was confirmed by extensive collaboration with industrial partners. The results of the research contribute to practical aspects of the application of knowledge in treatment of complex systems and processes, as well as to the transfer of knowledge to engineering sciences. Within the context of attending professional meetings, and especially through intensive cooperation with partners in Slovenian industry, we contribute to the transfer of the results of the research program to professional and industrial environments. Knowledge learned through the methods of synergetics is, in collaboration with industrial partners, included in the development of adaptronic systems for automated condition monitoring of production processes, for the development of systems for forecasting, predictive control and optimization of processes, and for the optimization of existing and development of new technologies, processes and manufacturing procedures. Thus the developed synergetic approaches and technological methods are introduced into technical and engineering environments in order to solve complex technological problems and to improve the quality control of manufacturing processes and products, thereby contributing to the development of the profession and of engineering practice.

The results of research that include the development of predictive methods for the analysis and prediction of time series and fields, the development of multisensory data processing methods and intelligent adaptronic systems for monitoring, modelling, optimization and control of complex processes, and methods for the non-destructive testing and characterization of loaded materials and products, are directly aimed at the monitoring and improving of the quality of products, technological and industrial processes. Our investigations and applications of forecasting methods in the development of systems for the prediction and optimization of states of complex energetic, traffic and business systems, which are essential for the consistent and sustainable development of society, need to be emphasized.

Based on the results of the investigation of predictive methods, a modular and general system for short-term forecasting of natural gas consumption has been developed which enables relatively fast adaptation to other forecasting fields (heat consumption in district heating, inventory management systems). Herewith we contribute to the success and competitiveness of enterprises in demanding modern business conditions.

Research of synergetics, which includes the research of instability of technological processes and the development of new methods for annular laser material processing, including

technology for the generation and deposition of metal droplets, represents high business potential in the field of implementation of complex lead-free micro-joints, fulfilling demanding temperature, corrosion, mechanical and environmental requirements as well as other droplet based additive technologies. Research and development of annular laser and droplet based micro joining technologies and 3D structuring represents a significant development potential for electrical and electronics industries, and aircraft and aerospace industry, as well as for companies which produce functionally demanding components. By using this knowledge, we introduce into the domestic and international industrial environment new scientifically-based methods for the treatment and improvement of technological processes and products, thus contributing to the international competitiveness of Slovenian and European industry.

## 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	28
bolonjski program - II. stopnja	3
univerzitetni (stari) program	27

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

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
29695	Marko Bratina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
27659	Anže Jerič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26527	Jaka Kovač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28362	Jernej Zupanc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32085	Blaž Krese	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31118	Matija Cankar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Tilen Thaler	<input type="radio"/>	<input checked="" 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	
26527	Jaka Kovač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	
28362	Jernej Zupanc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
32085	Blaž Krese	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

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



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

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
32085	Blaž Krese	A - raziskovalec/strokovnjak	24	
18081	Janez Gradišek	A - raziskovalec/strokovnjak	48	

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

<p>Projekt: <b>COST P21 (2006-2010)</b>  Naslov projekta: <b>Fizika kapljic</b>  Vodja s strani PS: prof. dr. Edvard Govekar, član MC in vodja WP -3 Applications  Opis: Cilj projekta je dopolniti znanje o fiziki kapljic: tvorjenje, manipulacija, oplaščenje. Namen je tudi razvoj novih naprav za tvorjenje, kontrolo velikosti in mešanja kapljic. Področja uporabe teh znanj vključujejo prehrabeno industrijo, farmacijo, medicino, elektronsko industrijo, proizvodno industrijo, tehnologije barvanja, spajanja.</p> <p>Projekt: <b>COST TD 1105 (2011-2013)</b>  Naslov: <b>European Network on New Sensing Technologies for AirPollution Control and Environmental Sustainability – EuNetAir</b>  Vodja s strani PS: prof. dr. Andrej Dobnikar  Opis: Projekt se osredotoča na nove paradigme, ki temeljijo na nizkocenovnih senzorskih tehnologijah za nadzor kakovosti zraka, in ustanovitvi interdisciplinarne vrhunske koordinirane mreže za opredelitev inovativnih pristopov pri senzorskih nanomaterialih, plinskih senzorjih in napravah, brezžičnih senzorskih sistemih, porazdeljenem procesiranju, metodah, modelih, standardih in protokolih za okoljsko trajnost v okviru Evropskega raziskovalnega prostora.</p> <p>Projekt: <b>COST MP1106 (2012-2014)</b>  Naslov: <b>Smart and green interfaces: from single bubbles/drops to industrial/environmental/biomedical applications</b>  Vodja s strani PS: prof. dr. Edvard Govekar (član MC)  Opis projekta: Namen projekta je izvedba eksperimentalnih, teoretičnih in numeričnih raziskav za pridobivanje novih znanj in razumevanja spremljajočih pojavov na različnih skalah in različnih disciplinah za namene uporabe mehurčkov in kapljic v industrijskih, okoljskih in biomedicinskih aplikacijah.</p> <p>Projekt: <b>COST TU 1102 (2012-2014)</b>  Naslov: <b>Towards Autonomic Road Transport Systems</b>  Vodja s strani PS: prof. dr. Edvard Govekar (član MC)  Opis: Namen projekta je združiti in poenotiti različne Evropske raziskovalne skupine na področju računalništva ter prometnega in transportnega inženirstva v vodilno svetovno raziskovalno skupnost, s ciljem razviti nove podporne cestnotransportne sisteme na osnovi avtonomnih sistemov.</p> <p>Projekt: <b>EraNet EraSME-MOTRAC (2010-2012)</b>  Naslov: <b>MOTRAC – Modeling and prediction of road traffic activities, driving conditions and critical states under adverse weather impacts</b></p>
--

Vodja s strani PS: prof. dr. Edvard Govekar

Opis: Cilj projekta je prenos znanja o statističnem modeliranju, ki temelji na združevanju podatkov o prometu z okoljskimi informacijami, pridobljenimi s strani transnacionalnih raziskovalnih sodelovanj v različnih EU projektih (Roadidea, iCAR, itd.) in s tem zagotoviti inovativen razvoj inteligentnih orodij, na osnovi katerih bo mogoč nadaljnji razvoj in izboljševanje skupnih Evropskih cestno informacijskih sistemov.

Projekt: **InetrREG CROSS-INNO (2010-2011)**

Vodja s strani PS: prof. dr. Edvard Govekar

Opis projekta: Namen projekta je izgradnja inovacijskega modela za podporo pri razumevanju in širitvi znanja s področja inovacijskih procesov. V teku je projekt s podjetje KAC, d.o.o., na področju razvoja sistema za spremljanje kakovosti električni priključkov.

Bilateralni projekti:

Projekt: **BI-US/ 0810011 (2008-2010)**

Naslov: **Aplikacija principov trajnostnega razvoja v inovativnih obdelovalnih procesih za njihovo celostno izboljšanje**

Odgovorni nosilec: Prof.dr. J. Kopač

Opis: V okviru bilateralnega projekta sodelujemo pri raziskavah dinamike in nestabilnosti procesa kriogenega odrezavanja.

Projekt: **BI-PL/ 10-11-014 (2010-2011)**

Naslov: **Modeliranje kompleksnih dinamičnih problemov z metodami mehkega računanja**

Odgovorni nosilec: Prof. dr. Andrej Dobnikar

Opis: Projekt traja dve leti in predvideva vsako leto obisk 2x7d v obeh smereh.

Projekt: **Collaborative Research Center/Transregion 39**

Naslov: **Production Technologies for light metal and fiber reinforced composite based components with integrated PIEzoceramic Sensors and Actuators PT PIESA**

Nosilec: BLZ Bayerisches Laser Centrum, Erlangen, Nemčija

Sodelovanje s strani PS: dr. Andrej Jeromen (2012, 2013)

Opis: Cilj projekta je razviti proizvodne tehnologije za ekonomično serijsko proizvodnjo lahkih kovinskih in vlakneno kompozitnih komponent z integriranimi piezokeramičnimi senzorji in aktuatorji, ki bodo vgrajeni kot aktivne strukturne komponente za zmanjševanje vibracij, nadzor in kontrolo mehanskih lastnosti konstrukcij v avtomobilski in letalski industriji, medicini in drugih področjih.

#### 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

Izvedeni projekti v okviru krovnega projekta "**Svetovanje pri procesu vzpostavljanja in vodenja raziskovalno-razvojnne funkcije**" s podjetjem Danfoss Compressors d.o.o. (2003-2012):

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar

Partner: Danfoss Compressors, d.o.o.

- **Ustanovitev in vodenje raziskovalno razvojne skupine podjetja Danfoss Compressors (2003-2012)**
- **Sistem za diagnostiko vrtenja kolenčaste gredi kompresorjev (2009)**
- **Raziskave in razvoj sistema za avtomatsko končno kontrolo kompresorjev na osnovi merjenja vibracij (2009-2010)**
- **Sistem za avtomatsko zaznavanje nepravilnosti lege vzmeti z avtomatsko kalibracijo na osnovi Siemens krmilnika (2009)**
- **Razvoj električnega konektorja za avtomatizirano priključitve in zagon kompresorjev pri končnem testu kakovosti kompresorja (2010)**

- **Razvoj metode za določanje dimenzijskih razredov parjenja bat-cilinder kompresorjev (2010)** Raziskave vpliva in razvoj metode za kompenzacija temperature na diagnostično značilko električne moči Kompressorja (2010)
- **Razvoj in izdelava dveh industrijskih sistemov za zaznavanje napak vzmeti pri montaži kompresorjev (2010)**

**Posodabljanje in nadgradnja razvitega sistema za napovedovanje odjema zemeljskega plina (2009-2014)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: Energetika Ljubljana, d.o.o.

**Analiza možnosti zaznavanja mehanskih napak ventilskih pogonov (2010)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: Danfoss Trata d.o.o.

**Vodenje tehnoloških procesov v visoko-regalnem skladišču Novi Salus (2010)**

Vodja: izr. prof. dr. Uroš Lotrič  
Partner: Iskra impuls, d.o.o.

**Razvoj sistema za kratkoročno napovedovanje odjema zemeljskega plina od 1 do 48 ur (2012)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: Energetika Ljubljana, d.o.o.

**Raziskave vzrokov netesnenja in razvoj diagnostičnih priprav in uvodne meritve za testiranje odpiranja in tesnenja pokrovčkov jogurtovih lončkov (2012)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: Ljubljanske Mlekarne, d.d.

**Razvoj metode in sistema za ultrazvočno merjenje debeline stene ulitka (2012)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: CIMOS, d.o.o.

**Razvoj programske opreme za regalno skladišče Dubai Duty Free (2012)**

Vodja: izr. prof. dr. Uroš Lotrič  
Partner: Iskra impuls, d.o.o.

**Razvoj metod in sistema za preverjanje kakovosti ležajev (2012-2013)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: GORENJE orodjarna, d.o.o.

**Raziskave in razvoj metod in sistemov za avtomatsko diagnostiko pralnih strojev in kompresorjev hladilnih aparatov (2012-2013)**

Vodja: prof. dr. Edvard Govekar  
Partner: GORENJE, d.d.

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

SLO

V okviru rezultatov raziskav programa so nastale naslednje možnosti za uporabo v praksi:

**Anularni laserski sistem za tvorjenje in odlagane kapljic iz kovinske žice**

Potencialni trgi: elektro in elektronska industrija, proizvajalci sistemov za mikro spajanje, raziskovalni inštituti

Dodana vrednost: visoka (možnost izvedbe temperaturno in snovno visoko zahtevnih mikro spojev v elektro in elektronski industriji, možnost 3D strukturiranja, raziskave interakcij talina-

trdnina različnih materialov)

Opis izdelka: Razviti prototip sistema za lasersko tvorjenje in odlaganje kapljic iz kovinske žice. Sistem omogoča tvorjenje in odlaganje kovinskih kapljic premera 0.4 do 1.5 mm na zahtevo (drop-on-demand) Sistem omogoča izvedbo temperaturno in snovno zahtevnih mikro spojev ter 3D strukturiranja, ter izvedbo spojev tankostenskih kovinskih cevk manjšega premera.

#### **Sistem za napovedovanje prihodnjega odjema plina in odjema toplote**

Potencialni trgi: distribucijska podjetja na področju zemeljskega plina in operaterji sistemov daljinskega ogrevanja

Dodana vrednost: visoka (prihranki pri nabavni ceni plina, dobiček pri interni optimizaciji distribucijskega sistema in sistema daljinskega ogrevanja)

Opis izdelka: Razviti predikcijski sistem za napovedovanje prihodnjega odjema zemeljskega plina s predikcijskim horizontom od 1 do 48 ur že uspešno deluje v podjetju Energetika Ljubljana, d.o.o. Podoben sistem razvijamo tudi za področje odjema toplote v sistemu daljinskega ogrevanja. Nakazali smo tudi možnosti uporabe na področju napovedovanja NOx izpustov ter možnost uporabe predikcijskih sistemov za optimizacijo energetskih sistemov in procesov.

#### **Sistem za avtomatsko spremljanje in diagnostiko industrijskih procesov, sistemov in proizvodov**

Potencialni trgi: proizvodna industrija (bela tehnika), kovinska predelovalna industrija

Dodana vrednost: visoka (višja kakovost procesov in sistemov, znatno zmanjševanje napak v izdelkih, povečan ugled podjetja in zvišanje mednarodne konkurenčnosti)

Opis izdelka:

- V sodelovanju s podjetjem Danfoss in Secop kompresorji d.o.o. smo razvili različne diagnostične sisteme za spremljanje kakovosti komponent kompresorjev ter jih že uspešno vpeljali v industrijsko uporabo.
- V sodelovanju s podjetjem Gorenje, d.d., razvijamo sisteme za avtomatizirano diagnostiko kritičnih komponent pralnih strojev in kompresorjev hladilnih aparatov. Implementacija je predvidena v letu 2014.
- V letu 2013 je bil v sodelovanju s podjetjem Gorenje orodjarna, d.o.o., razvit in izdelan sistem za avtomatsko preverjanje kakovosti ležajev. Sistem je prejel Srebrno priznanje na sejmu Forma Tool v Celju in je že vpeljan v uporabo
- V sodelovanju s podjetjem Petra stroji, d.o.o. smo razvili prototipni sistem za avtomatsko zaznavanje drdrdranja pri tračnem žaganju, z možnostjo prilagoditve tudi na druge procese odrezavanja.

#### **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	1.000.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>18</sup>	Na področju laserskega tvorjenja kovinskih kapljic predlagamo ustanovitev podjetja za komercializacijo inovativnega opto-mehatronskega prototipnega sistema za lasersko tvorjenje in odlaganje kovinskih kapljic. Z zagonskimi sredstvi bi pokrili finalizacijo in industrializacijo tehnologije za izvajanje zahtevnih mikrospojev, strukturiranja in spajanja tankostenskih kovinskih cevk manjšega premera, ter zagotovili potrebno raziskovalno opremo (industrijski laserski izvor, industrijski 3D pozicionirni sistem, hitro tekočo IR kamero, pirometri, elektronika).

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

### 17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Dosežek:

Režimi ločevanja pri anularnem laserskem tvorjenju kapljic iz kovinske žice

Pri anularnem laserskem tvorjenju kapljic iz kovinske žice so bili raziskani različni režimi ločevanja viseče kapljice od konca žice. Ugotovljeno je bilo da ločitev posamezne viseče kapljice na zahtevo (PKZ) dosežemo na osnovi Rayleigh-Plateau (R-P) nestabilnosti pretaljenega dela žice nad vratom viseče kapljice. Pri tem je dinamika ločitve odvisna od oddaljenost lege fokusa anularnega laserskega žarka od vratu viseče kapljice. V primeru zveznega tvorjenja zaporedja kapljic sta premer in režim ločitve viseče kapljice odvisna od frekvence laserskega bliska. Z višanjem frekvence dosežemo ločitev na osnovi R-P nestabilnosti, različna resonančna ločevanja in spontano ločevanje. Poleg R-P ločevanja v primeru tvorjenja PKZ se iz vidika uporabe, kjer se zahtevata ponovljivost premera in lege odloženih kapljic, iškažeta kot primerna tudi spontano ločevanje in tako imenovano masa-vzmet resonančno ločevaje.

### 17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Dosežek:

Raziskave in razvoj sistema za avtomatsko diagnostiko kompresorjev hladilnih aparatov.

V sodelovanju med Laboratorijem za sinergetiko, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani in podjetjem Gorenje, d.d., smo razvili sistem za avtomatsko diagnostiko kompresorjev hladilnih aparatov. Diagnostični sistem sestavlja mehatronski sklop z inovativno razvito senzorsko glavo za avtomatizirano izvajanje meritev vibracij kompresorjev, ter nadzorna programska oprema za diagnostično analizo signalov in posredovanje rezultatov informacijskemu sistemu podjetja. Sistem je bil uspešno preskušen v testnem obdobju delovanja na proizvodni liniji podjetja in omogoča zaznavanje hrupnih in vibracijsko izstopajočih kompresorjev. Vpeljava diagnostičnega sistema v industrijsko obratovanje omogoča podjetju doseganje višje ravni kakovosti proizvedenih hladilno zamrzovalnih aparatov iz vidika kakovosti vgrajenih kompresorjev.

## 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):*

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za  
strojništvo

Edvard Govekar

**ŽIG**

Kraj in datum:

Ljubljana

11.3.2015

**Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/107**

<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](#)

<sup>17</sup> 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.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b  
09-F5-B5-FF-07-88-AC-8A-22-52-8C-AA-A9-46-FB-40-56-8A-35-75

## **Priloga 1**

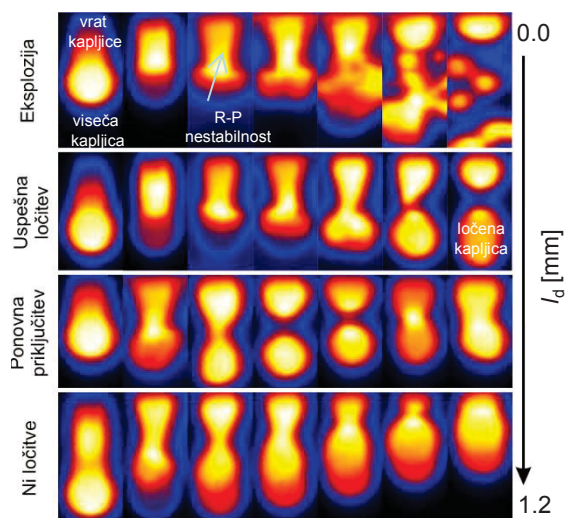


# Znanstveni dosežek 2014

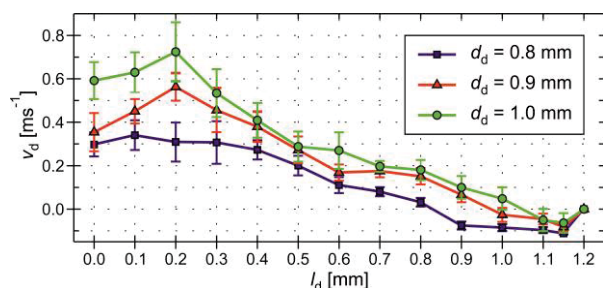
Področje: TEHNIKA, 2.21 Tehnološko usmerjena fizika

## Dosežek: Režimi ločevanja pri anularnem laserskem tvorjenju kapljic iz kovinske žice.

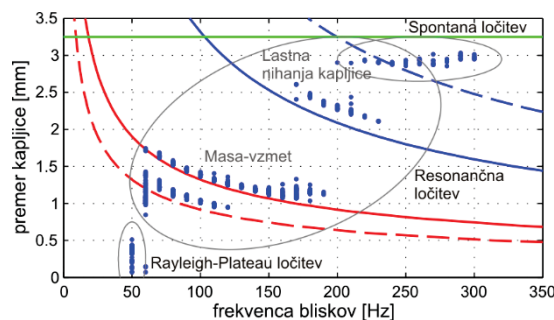
Visoko temperaturne kovinske kapljice so osnova številnim tehnologijam v razvoju. Pri anularnem laserskem tvorjenju kapljic iz kovinske žice (Ni) so bili raziskani različni režimi ločevanja viseče kapljice od konca žice. Ugotovljeno je bilo, da prisilno ločitev posamezne viseče kapljice na zahtevo (PKZ) dosežemo na osnovi Rayleigh-Plateau (R-P) nestabilnosti pretaljenega dela žice nad vratom viseče kapljice. Pri tem sta režim (sl. 1) in dinamika oziroma hitrost ločitve kapljice (sl. 2) odvisni od oddaljenosti  $l_d$  lege fokusa anularnega laserskega žarka od vratu viseče kapljice. V primeru zveznega tvorjenja zaporedja kapljic sta premer in režim ločitve viseče kapljice odvisna od frekvence laserskega bliska (sl. 3). Z višanjem frekvence dosežemo ločitev na osnovi R-P nestabilnosti, različne resonančne ločitve (sl. 4) in spontano ločitev vsled sile teže viseče kapljice. Poleg R-P ločitve v primeru tvorjenja PKZ, se z vidika uporabe, kjer se zahtevata ponovljivost premera in lege odloženih kapljic, izkažeta kot primerni tudi spontana ločitev in tako imenovana masa-vzmet resonančna ločitev.



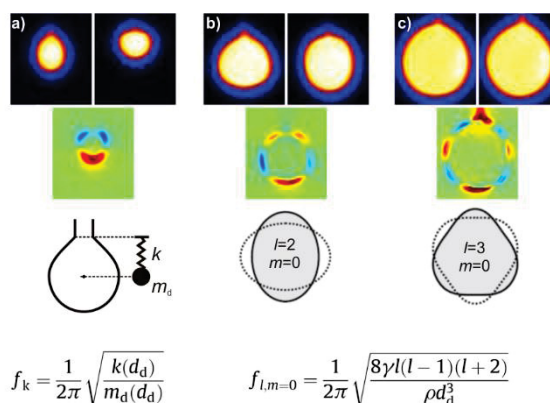
Slika 1: IR-posnetki režimov ločitve kapljice na zahtevo



Slika 2: Začetna hitrost ločene kapljice  $v_d$



Slika 3: Režimi ločitve zveznega tvorjenja zaporedja kapljic



Slika 4: Resonančni režimi ločitve: a) masa-vzmet, b) in c) lastna nihanja kapljice

Vir: Kuznetsov, A., Jeromen, A., Govekar, E. (2014). Droplet detachment regimes in annular laser beam droplet generation from a metal wire. CIRP annals, vol. 63, str. 225-228, [COBISS.SI-ID 13402651].

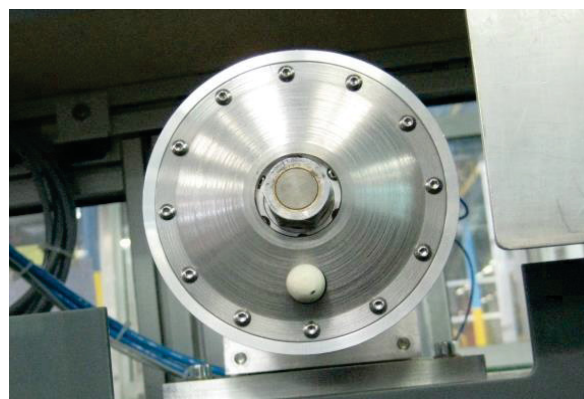
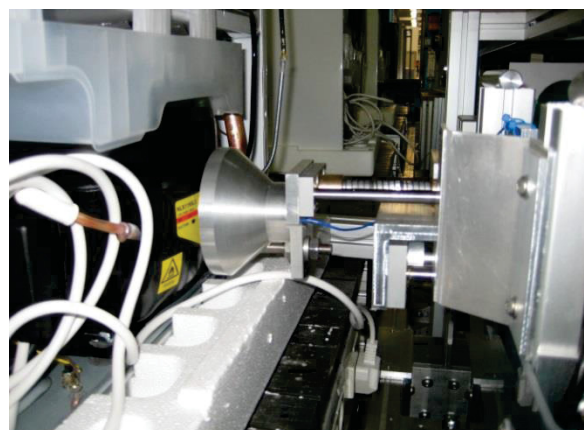
## **Priloga 2**

## Družbeno-ekonomski dosežek 2014

Področje: TEHNIKA, 2.21 Tehnološko usmerjena fizika

Dosežek: **Raziskave in razvoj sistema za avtomatsko diagnostiko kompresorjev hladilnih aparatov**

V sodelovanju med Laboratorijem za sinergetiko, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani in podjetjem Gorenje, d.d., smo razvili sistem za avtomatsko diagnostiko kompresorjev hladilnih aparatov. Diagnostični sistem sestavlja mehatronski sklop z inovativno razvito senzorsko glavo za avtomatizirano izvajanje meritev vibracij kompresorjev, ter nadzorna programska oprema za diagnostično analizo signalov in posredovanje rezultatov informacijskemu sistemu podjetja. Sistem je bil uspešno preskušen v testnem obdobju delovanja na proizvodni liniji podjetja in omogoča zaznavanje hrupnih in vibracijsko izstopajočih kompresorjev. Vpeljava diagnostičnega sistema v industrijsko obratovanje omogoča podjetju doseganje višje ravni kakovosti proizvedenih hladilno zamrzovalnih aparatov iz vidika kakovosti vgrajenih kompresorjev.



*Vir: Mužič, P., Potočnik, P., Govekar, E. (2014). Raziskave in razvoj sistema za avtomatsko diagnostiko kompresorjev hladilnih aparatov: zaključno poročilo o rezultatih raziskovalno razvojnega dela na projektu. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za sinergetiko, [COBISS.SI-ID 13543707].*