

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/124



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

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

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0076
Naslov programa	Avtomatika, robotika in biokibernetika Automatics, robotics and biocybernetics
Vodja programa	14676 Igor Mekjavić
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	97920
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalna strategija naše programske skupine je edinstvena in omogoča izvedbo številnih multi- in interdisciplinarnih projektov. Naše raziskave združujejo področja robotike (vključujoča inteligentno vodenje, humanoidno in kognitivno robotiko, robotsko učenje in

robotski vid), avtomatike, in biokibernetike (kineziologija, ergonomija in okoljska medicina). Skupni imenovalac naših raziskovalnih prizadevanj je optimizacija "gibanja človeka in stroja", pri čemer vedno upoštevamo vpliv okolja. Rezultati vzdrževanja kritične mase raziskovalcev na treh znanstvenih področjih v sklopu ene programske skupine in povezovanja tehnoloških ter kliničnih raziskav so preboji na različnih področjih, kot npr. učenje robotskih veščin s posnemanjem, simulacija planetarnega habitata, humanoidni vidni sistemi, manikini za vrednotenje industrijskih, vojaških in rekreacijskih oblačilnih sistemov, kinematični modeli človeškega telesa kot podlaga za razvoj antropomorfnih sistemov in nova metoda za zdravljenje zmrzlin.

Naši raziskovalci sodelujejo v številnih evropskih projektih s področja robotike, kognitivnih sistemov in vesoljske tehnologije. Aktivni smo tudi pri prenosu rezultatov naših raziskav v industrijske aplikacije, kar izvajamo v sodelovanju z industrijskimi partnerji.

Rezultat vzdrževanja kritične mase raziskovalcev na različnih znanstvenih področjih v sklopu odseka so številni interdisciplinarni projekti na različnih znanstvenih področjih. V zadnjem obdobju (2009 – 2014) smo se osredotočili predvsem na naslednja področja: 1. humanoidna robotika, 2. kognitivni robotski sistemi, 3. vodenje in generacija gibanja robotskih sistemov, 4. človeška fiziologija, 5. razvoj novih biomedicinskih naprav in metod v medicini in športu, in 6. avtomatizacija, robotizacija in informatizacija proizvodnje.

Na vseh teh področjih smo dosegli in presegli zastavljene cilje. Na področju humanoidne robotike smo razvili nove metode za prenos motoričnih znanj učitelja na humanoidne robote, s čimer smo izboljšali možnosti za uporabo humanoidnih sistemov v domačih okoljih. Na področju kognitivne robotike smo predlagali koncept objektnoakcijskih sklopov, s katerimi smo povezali senzomotorična in simbolična znanja robotskih sistemov, kar je izrednega pomena za avtonomno delovanje robotskih sistemov. Na področju inteligentnega vodenja smo razvili nov pristop, ki temelji na vključitvi človekovih kognitivnih in senzorično-motoričnih sposobnosti v krmilno zanko robota. Rezultati naših fizioloških raziskav na področju hipoksične vadbe in aklimatizacije se sedaj uporabljajo za pripravo športnikov in alpinistov za tekme na večjih nadmorskih višinah, oziroma za pripravo pripadnikov Slovenske vojske na mirovne misije v visokogorjih. Razvili smo novo napravo za simulacijo športnih aktivnosti, ki temelji na paralelni robotski platformi in tehnologijah navidezne resničnosti. Na področju avtomatizacije smo zaključili niz projektov za steklarsko industrijo, vključno z razvojem in namestitvijo avtomatizirane celice za izvajanje steklarskih operacij.

ANG

The research strategy within our programme group is unique, as it supports a variety of multi- and interdisciplinary research projects. Our research combines the fields of robotics (including intelligent control, humanoids, cognitive robotics, and robot learning and vision), automation, biocybernetics (ergonomics and environmental physiology). The common theme of our research endeavors to date has been optimizing "the behavior of man and machine", accounting for interactions with the environment. An important topic is also "human-robot partnership". By combining engineering sciences and life sciences, we have been able to make significant contributions to the development of: new methods for sensorimotor learning by imitation and coaching, a planetary habitat simulation facility, humanoid vision systems, manikins enabling the evaluation of protective garments for industry and recreation, kinematic models of the human body that serve as a basis for the design of anthropomorphic systems, and a medical treatment for frostbite.

Members of the group participate in several EU projects in the area of cognitive systems, robotics and space technologies. We are also active in transferring our research results into various applications through direct collaboration with industry.

By maintaining a critical mass of researchers in all areas within one programme group, we have managed to foster exciting multidisciplinary projects. In the last period we focused on the following areas: 1. humanoid robotics, 2. cognition in robotic systems, 3. motion generation and control of robotic systems, 4. human physiology, 5. development of biomedical devices for medicine and sport applications, and 6. automation, robotics and information systems for manufacturing.

In all these areas, we achieved the stated objectives, and in many cases transferred the derived results and knowledge to participating industrial partners. The main breakthrough in the area of humanoid robotics was the development of a new method for transferring skill knowledge from a human teacher to a robot, which is now being transferred to industrial controllers by our industrial partner. We proposed a new concept of object-action complexes, which combines symbolic and subsymbolic representations. The bridge between symbolic and subsymbolic representations is one of the major problems in cognitive robotics. In the area of intelligent control we developed a new approach that rests on the idea of including the human cognitive and sensorimotor capabilities into the robot control loop. The results of our study concerning hypoxic training are now being used regularly by athletes and alpinists in preparation for athletic events and high altitude expeditions. We developed a unique device for simulation of sports activities based on the Stewart platform and virtual reality technology. In the area of automation we carried out a number of projects for glass industry, including the development of a system for automated glass forming operation.

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

SLO

Naš raziskovalni program se je v obdobju 2009-2014 osredotočil na šest raziskovalnih področij. Na vsakem od teh spodaj opisanih področij smo dosegli in pogosto preseгли vse zastavljene cilje in v večini primerov rezultate raziskovalnega dela oziroma pridobljeno znanje prenesli v industrijo. Naše temeljne raziskave na področju robotike so bile izdatno financirane v okviru EU programa "Kognitivni sistemi in robotika". Omembe vredno je tudi koordinatorstvo prvega medicinskega projekta na področju "Vesolja" v Okvirnem programu Evropske unije.

Humanoidna robotika

Podobnost med človeškim telesom in telesom humanoidnega robota lahko izrabimo za hiter prenos človekovega motoričnega znanja na humanoidne robote. Na tej predpostavki smo razvili nove metode za učenje s posnemanjem in inštrukcijami. Pokazali smo, kako lahko s pomočjo statističnega učenja in baze vzorčnih gibanj izračunamo optimalne gibe za uporabo v novih situacijah. Pri tem smo uporabili namen naloge kot indeks v bazo vzorčnih gibanj. Za določanje namena naloge smo uporabili princip vzajemne informacije. Pokazali smo, kako lahko humanoidni robot naučena gibanja izboljša s samostojnim raziskovanjem, pri čemer smo demonstrirane gibe prilagajali glede na sile, ki jih robot zazna med izvajanjem naloge. Razvili smo tudi nov sistem za spreminjanje obstoječih gibanj s pomočjo inštrukcij v obliki kretenj, ki jih učitelj uporabi za doseg želene spremembe gibanja.

Obravnavali smo še učenje dinamike naloge brez matematičnih modelov, kar omogoča izvajanje podajnih robotskih gibanj. Predlagana metoda je osnovana na opazovanju izvedbe znanih trajektorij pri različnih koeficientih ojačanja. Na ta način pridobimo odprtozračne navore, ki smo jih uporabili za definicijo nove predstavitve motoričnih veščin. Predlagano predstavitev smo poimenovali podajni generatorji gibov. Uporabnost te predstavitve smo pokazali na različnih nalogah, ki so vsebovale tako diskretna (prelaganje uteži) kot tudi periodična gibanja (vrtenje ročice).

V naših eksperimentih so se kot optimalna motorična predstavitev izkazali dinamični generatorji gibov. Razvite tehnologije za učenje robotskih sistemov so bile prodane v industrijo (Yaskawa, Japonska) in raziskovalnim inštitutom (ATR, Japonska).

Kognitivni robotski sistemi

Zgodnji kognitivni razvoj pri človeku pogosto poteka s pomočjo naključnega raziskovanja. Namen naših raziskav je bila implementacija tega razvojnega procesa na robotih, s čimer lahko izboljšamo robotske kognitivne sposobnosti. Študirali smo več naključnih raziskovalnih procesov, ki smo jih uporabili za povečanje robotovih senzomotoričnih znanj. Kot primer smo implementirali raziskovalni proces, s katerim se robot nauči, kako se objekti odzivajo na njegove gibe, kar lahko uporabi za nadzorovano vodenje objektov. Razvili smo tudi novo metodologijo za avtonomno segmentacijo in učenje modelov objektov z raziskovanjem, ki smo jo uporabili za razpoznavanje v nestrukturiranih okoljih.

Vpeljali smo pojem objektno-akcijskih sklopov, ki smo jih uporabili kot osnovo za predstavitev senzomotoričnih operacij in njihovih soodvisnosti. So dinamična, na realnem svetu utemeljena reprezentacija znanja, ki se ga je možno naučiti in ga iterativno izboljševati. Predlagani formalizem vsebuje tako senzomotorično znanja kot tudi znanja na višjih, bolj abstraktnih nivojih. Zato ga lahko uporabimo kot osnovo za integracijo zaznavanja, motoričnih sposobnosti, načrtovanja in logičnega razmišljanja. Na tej osnovi smo razvili formalne algoritme, ki omogočajo konstrukcijo novih robotskih operacij. Naše temeljne raziskave na področju humanoidne in kognitivne robotike so bile v velikem delu financirane tudi v evropskih projektih PACO-PLUS, Xperience, IntellAct, CoDyCo in ACAT.

Vodenje in generacija gibanja robotskih sistemov

Z raziskavami metod za vodenje periodičnih gibanj smo prišli do novih načinov izločanja frekvence vodenja robotov. Predlagali smo metode sprotnega določevanje frekvence, ki omogočajo enostavno sinhronizacijo gibanja robota ter intuitivno učenje robota pri izvajanju različnih ritmičnih nalog. Na področju vodenja redundantnih robotov smo razvili metode, ki omogočajo prioritizirano vodenje robotov z možnostjo zveznega prehoda med posameznimi nalogami. Metode so splošne in omogočajo tako zagotavljanje refleksne stabilnosti pri humanoidnih robotih kot tudi vodenje robotov z nalogo izogibanja ovirami. Razvili smo tudi nove metode za prenos človekovih motoričnih sposobnosti na robote, ki temeljijo na vključitvi človekovih kognitivnih in senzoričnomotoričnih sposobnosti v robotovo krmilno zanko. Človek se z direktnim upravljanjem robota nauči izvajati zadano robotsko nalogo, nato pa se robotsko izvajanje modelira s pomočjo metod strojnega učenja.

Preučevali smo, kako ljudje pri gibanju celega telesa izkoriščajo kontakte rok z okolico. V ta namen smo razvili inovativen eksperimentalni koncept, ki nam je dal vpogled v mehanizme človekove motorične kontrole. Koncept smo razvili tako, da, za razliko od podobnih študij iz literature, ne izzove refleksnih gibov rok, ki zakrijejo mehanizme motorične kontrole. Merili smo raznovrstne biomehanske parametre. Analize so pokazale, da se je prispevek mišic nog pomembno zmanjšal, ko so osebe za zagotavljanje ravnotežja lahko uporabljale roko. Po drugi strani pa je aktivnost ekstenzorjev trupa ostala nespremenjena pri uporabi roke, aktivnost fleksorjev trupa pa se je celo še povečala. Na podlagi biomehanske študije sedaj razvijamo matematični model, ki nam bo omogočal prenos izsledkov študije v robotiko.

Človeška fiziologija

Razvili smo različne humanoidne robote za vrednotenje toplotne in evaporativne upornosti obutve (manikin noge), čelad (manikin glave), rokavic (manikin roke), zaščitnih oblačilnih sistemov (manikin celotnega trupa, torso manikin, in požarni manikin). Te simulatorje smo prodali industrijskim partnerjem (W.L. Gore & Associates, USA; Decathlon, France), in raziskovalnim inštitutom (Institute of Naval Medicine, UK; Armasuisse and EMPA, Switzerland; Hohenstein Institutes, Germany; University of Zagreb, Croatia). Uspešno smo prenesli vso tehnologijo industrijskemu partnerju UCS d.o.o., ki sedaj proizvaja in trži naše humanoidne manikine pod licenčno pogodbo. Za te humanoidne robote (manikine) smo razvili sistem za simulacijo regionalnega znojenja, ki temelji na rezultatih, pridobljenimi na podlagi človeških poskusov. Ravno tako smo razvili nov eksperimentalni model, s katerim smo določili območja toplotnega udobja za različne telesne regije pri moških in ženskah. Naš model avtonomne termoregulacije smo s tem nadgradili z algoritmi, ki definirajo vedenjsko termoregulacijo.

Razvoj novih biomedicinskih naprav in metod v medicini in športu

Skupaj z nizozemskim partnerjem bCat smo načrtovali, razvili in vgradili hipoksični simulator v Olimpijskem športnem centru Planica, v katerem opravljamo raziskave po pogodbi z Evropsko vesoljsko agencijo (ESA), kjer raziskujemo vpliv bodočih (hipoksičnih) habitatov na luni in Marsu na astronave. V sklopu teh hipoksičnih raziskovalnih nalog poučujemo možnost, da bi izpostavitve hipoksičnemu okolju lahko preprečilo oziroma zavrlo razvoj metabolnega sindroma in prekomerne teže.

Rezultate naših raziskav na področju etiologije in zdravljenja poškodb zaradi mraza smo strnili v nov algoritem, oziroma klinični protokol za zdravljenje omrzlin, katerega ključni del je terapija s hiperbaričnim kisikom. Ta protokol, poimenovan protokol "Planica", se sedaj uporablja v kliniki za zdravljenje omrzlin pri alpinistih, alpskimi smučarji in biatlonci.

Na področju razvoja biomehanskih metod v športu smo razvili nove algoritme in programsko opremo, ki za oceno poze smučarja uporabi samo trajektorije, ki jih izmerimo z GNSS

sistemom. Pri tem smo uporabili metode strojnega učenja z uporabo prilagodljivih lokalnih linearnih modelov. Izvedli smo primerjalno študijo, ki je pokazala, da je ta algoritem bolj uspešen od primerljivih metod. Algoritem je novost v svetu in omogoča, da lahko izvajamo aproksimativne kinematične meritve in analize energijskih izgub samo z GNSS-sistemom.

Avtomatizacija, robotizacija in informatizacija proizvodnje

Izvajali smo aktivnosti na številnih področjih, s poudarkom na dveh proizvodnih panogah. Prva je prehrambna industrija. Študirali in zasnovali smo distribuiran krmilni sistem, namenjen sočasni proizvodnji in pakiranju različnih tipov artiklov na eni sami, visoko integrirani proizvodni liniji. Na osnovi tega smo razvili takšen distribuiran sistem na MES in krmilnem nivoju, in ga implementirali v novem proizvodnem pogonu slovenskega podjetja. Drugo področje aktivnosti je bila steklarska industrija. S ciljem avtomatizacije in robotizacije sedaj ročnih operacij formiranja steklenih izdelkov, smo najprej študirali metode in koncipirali sisteme, s katerimi zajamemo operacije ročnih, visoko spretnih in izurjenih delavcev, ter formalizaciji teh operacij. S ciljem preverjanja rezultatov smo zasnovali in implementirali metodologijo in opremo za formalizacijo ročnega izvajanja tipične steklarske operacije. Na osnovi tega smo razvili smo sistem za avtomatsko izvajanje te operacije pri različnih izdelkih. Pripravili smo tudi koncept avtomatizacije v proizvodnji luči za avtomobilsko industrijo. Glavna ideja pri tem je izkoristiti možnost sodelovanja med ljudmi in roboti na področju hibridne montaže za doseg višje kakovosti izdelkov in nižjih stroškov poslovanja. Ker je proces sestavljanja luči kompleksen, smo predlagali postopno avtomatizacijo. Predlagani pristop temelji na uporabi sodelujočih robotov. Pri tem smo obravnavali zlasti dve področji: proces sestavljanja hladilnikov in vezij ter njihovo umestitev v reflektor in pakiranje luči v transportno embalažo.

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

SLO

Humanoidna robotika

Glavni cilj je bil razvoj metod za prenos motoričnih znanj učitelja na humanoidne robote. Ta cilj smo izpolnili z razvojem statističnih metod, ki smo jih dopolnili z avtonomnim raziskovanjem za izboljšanje obstoječega motoričnega znanja. Načrtovano delo smo nadgradili z raziskavami, v katerih smo pokazali, da lahko robot samostojno poveča bazo motoričnih znanj. Na podlagi teh rezultatov smo pripravili več projektov v sodelovanju z industrijo.

Kognitivni robotski sistemi

Poleg načrtovanih sistemov za naraven razvoj sposobnosti zaznavanja in motoričnih spretnosti na kognitivnih robotih, ki smo jih razvili v preteklem obdobju, smo naše delo dopolnili še z razvojem objektno-akcijskih sklopov, s katerimi smo povezali senzomotorična in simbolična znanja robotskih sistemov. Na podlagi teh del smo pridobili nove projekte s področja kognitivne robotike, kot so na primer Xpereince, CoDyCo in ACAT, ki se bodo izvajali v okviru programske skupine tudi v naslednjem obdobju.

Vodenje in generacija gibanja robotskih sistemov

Izpolnili smo vse zastavljene cilje na področju vodenja kompleksnih redundantnih mehanizmov pri dinamični manipulaciji in izogibanju oviram kot tudi pri vodenju servisnih robotov. Razvili smo tudi nov pristop za vodenje robotov, ki temelji na vključitvi človekovih kognitivnih in senzorično-motoričnih sposobnosti v krmilno zanko robota.

Fiziologija človeka

Rezultate naših raziskav na področju hipoksične vadbe in aklimatizacije se sedaj uporablja za pripravo športnikov in alpinistov za tekme na večjih nadmorskih višinah, oziroma za pripravo pripravnikov Slovenske vojske na mirovne misije v visokogorjih. Naše humanoidne robote, ki simulirajo izmenjavo toplote med človekom in okoljem, uporablja industrija za načrtovanje oblačilnih sistemov. Obutvena industrija uporablja naš simulator noge za razvoj prototipov pohodniških in rekreativnih čevljev. Za prenos te tehnologije smo bili nagrajeni s Puhovim priznanjem Slovenske vlade.

Razvoj novih biomedicinskih naprav in metod v medicini in športu

Na podlagi uspešnega raziskovalnega programa na področju hipoksične vadbe, smo sodelovali pri načrtovanju hipoksičnih simulatorjev v različnih hotelskih kompleksih v Sloveniji in po svetu. Načrtovali in inštalirali smo poseben hipoksični sistem za razkuževanje lesenih eksponatov v Etnografskem muzeju. Razvili smo napravo za simulacijo športnih aktivnosti, ki temelji na paralelni robotski platformi in tehnologijah navidezne resničnosti. Pri tem smo kot prvi v svetu implementirali metode strojnega učenja v biomehanskih meritvah.

Avtomatizacija, robotizacija in informatizacija proizvodnje

V celoti smo dosegli zastavljene cilje, vzpostavili pa smo tudi dejavnost na novem področju, to je v steklarski proizvodnji. Naše aktivnosti smo nadgradili z izvajanjem večih projektov za gospodarstvo, v katerih smo izvajali uporabne raziskave in razvoj avtomatiziranih rešitev. Za naše delo smo prejeli nagrade Gospodarske zbornice Slovenije, vključno z zlatim priznanjem za inovacije.

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

SLO

V načrtovanem delu raziskovalnega programa ni bilo sprememb.

V letu 2014 smo programsko skupino dopolnili z dvema mlajšima sodelavcema (Robert Bevec in Miha Deniša). Nova sodelavca sta nadomestila sodelavca, ki sta konec leta 2013 odšla v tujino (Fares Abu Dakka in Shawnda Morrison). Nova sodelavca prispevata predvsem k delu na področju humanoidne in kognitivne robotike. Poleg tega je bila samo za leto 2014 v programsko skupino vključena Tarsi Bali, ki je prispevala k raziskavam na področju fiziologije človeka.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	27524135	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Povezovanje elementarnih gibov: interakcija z okoljem in dvoročne naloge
		ANG	Coupling movement primitives: interaction with the environment and bimanual tasks
	Opis	SLO	Koncept dinamičnih generatorjev gibov je v svoji osnovni obliki omejen na kinematične aspekte gibanj. V tem članku smo ta koncept razširili z uporabo sile in navorov v povratni zanki. Predlagali smo novo metodo, ki robotu omogoča rokovanje z objekti, ki delujejo nanj z določeno silo. Predlagana metoda tudi omogoča sinhronizacijo dveh v začetku neodvisnih gibov rok, ki ju fizično povežemo. Za adaptacijo začetnih trajektorij smo uporabili metodo iterativnega učenja vodenja. Pokazali smo, da je predlagani sistem stabilen in ga uporabili na realnih problemih, ki se nanašajo na dvoročno manipulacijo.
		ANG	The dynamic movement primitives framework in its original form is constrained to the kinematic aspects of the movement. In this paper we bridge the gap to dynamic behavior by extending the framework with force/torque feedback. We propose and evaluate a modulation approach that allows interaction with objects and the environment. Through the proposed coupling of originally independent robotic trajectories, the approach also enables the execution of bimanual and tightly coupled cooperative tasks. We apply an iterative learning control algorithm to learn a coupling term, which is applied to the original trajectory in a feedforward fashion and thus modifies the trajectory in accordance to the desired positions or external forces. A stability analysis and results of simulated and realworld experiments using two KUKA LWR arms for bimanual tasks and interaction with the environment are presented.

	Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on robotics; 2014; Vol. 30, no. 40; str. 816-830; Impact Factor: 2.649;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.283; A'': 1;A': 1; WoS: RB; Avtorji / Authors: Gams Andrej, Nemec Bojan, Ijspeert Auke Jan, Ude Aleš		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	25108775	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Sprotno prilagajanje frekvence in posnemanje gibanj za ritmične robotske naloge	
		ANG	On-line frequency adaptation and movement imitation for rhythmic robotic tasks	
	Opis	SLO	V tem članku smo predstavili novo metode za luščenje osnovne frekvence neznanega periodičnega signala poljubne oblike, ki deluje v realnem času in ne potrebuje dodatnega procesiranja in logičnih operacij. Predlagana metoda uporablja predstavitev signala z Fourierjevo vrsto v zaprti zanki in v povezavi z enim oscilatorjem. Na ta način lahko izluščimo frekvenco in fazo neznanega periodičnega signala. Uporabnost predlagane metode smo pokazali pri analizi večih visoko nelinearnih robotskih nalog, pri katerih smo uporabili tudi elektromiografske (EMG) signale v zaprti zanki.	
		ANG	In this paper we present a novel method to obtain the basic frequency of an unknown periodic signal with an arbitrary waveform, which can work online with no additional signal processing or logical operations. The proposed method uses a Fourier series representation in the feedback loop combined with a single oscillator. In this way it can extract the frequency and the phase of an unknown periodic signal. For demonstration several highly nonlinear and dynamic periodic robotic tasks are shown, including also a task where an electromyography (EMG) signal is used in a feedback loop.	
	Objavljeno v	The MIT Press; The international journal of robotics research; 2011; Vol. 30, no. 14; str. 1775-1788; Impact Factor: 3.107;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.276; A'': 1;A': 1; WoS: RB; Avtorji / Authors: Petrič Tadej, Gams Andrej, Ijspeert Auke Jan, Žlajpah Leon		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	23918375	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Posploševanje dinamičnih generatorjev gibov glede na parametre naloge	
		ANG	Task-specific generalization of discrete and periodic dynamic movement primitives	
	Opis	SLO	V tem članku obravnavamo metodologijo, ki omogoča posploševanje prej naučenih elementarnih gibov. Nove operacije sintetiziramo s pomočjo statističnih metod, pri čemer uporabimo cilj in druge parametre nalog kot indeks, s katerim izluščimo nove gibe iz knjižnice prej naučenih gibov. Na ta način lahko sintetiziramo nove gibe brez zamudnega matematičnega modeliranja želene naloge. V članku smo tudi prikazali, kako lahko predlagano metodologijo uporabimo skupaj z vidnim sistemom humanoidnega robota. Uporaba klasičnega 3D vida na humanoidnih robotih z zapletenim očesnim sistem je lahko problematična zaradi napak pri modeliranju, vendar pa lahko s pomočjo statističnega učenja te napake odpravimo.	
			This paper describes a methodology that enables the generalization of the available sensorimotor knowledge. New actions are synthesized by the application of statistical methods, where the goal and other characteristics of an action are utilized as queries to create a suitable control policy, taking into account the current state of the world. The proposed approach enables	

		ANG	the generation of a wide range of policies without requiring an expert to modify the underlying representations to account for different task-specific features and perceptual feedback. The paper also demonstrates that the proposed methodology can be integrated with an active vision system of a humanoid robot. While 3D vision on humanoid robots with complex oculomotor systems is often difficult due to the modeling uncertainties, we show that these uncertainties can be accounted for by the proposed approach.
	Objavljeno v		Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on robotics; 2010; Vol. 26, no. 5; str. 800-815; Impact Factor: 3.063; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.469; A': 1; WoS: RB; Avtorji / Authors: Ude Aleš, Gams Andrej, Asfour Tamim, Morimoto Jun
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	27299623	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Regulacija krvnega tlaka
		ANG	Blood pressure regulation
	Opis	SLO	Vabljeni pregledni članek opisuje metodo za določanje raztegljivosti (angl. distensibility) arterij in ven. Poseben poudarek je na povečano raztegljivosti izmerjeno po 5 tedenskem mirovanju v ležečem položaju. Obratno pa vsako dnevno intermitentno povečanje intravaskularnega tlaka dolgoročno zmanjša raztegljivost sten arterij in ven. Pri normalno aktivnih ljudeh je raztegljivost žil v nogah znatno manjša od raztegljivosti žil v zgornjih okončinah. Predvideva se, da je ta razlika posledica povečanega tlaka v žilah nog, kot v žilah rok. Članek zaključuje, da je karakteristika sten žil zelo variabilna in je odvisna od krvnega tlaka.
		ANG	Recent studies are reviewed, concerning the in vivo wall stiffness of arteries and arterioles in healthy humans, and how these properties adapt to iterative increments or sustained reductions in local intravascular pressure. A novel technique was used, by which arterial and arteriolar stiffness were determined as changes in arterial diameter and flow, respectively, during graded increments in distending pressure in the blood vessels of an arm or a leg. Pressure-induced increases in diameter and flow were smaller in the lower leg than in the arm, indicating greater stiffness in the arteries/arterioles of the leg. A 5wk period of intermittent intravascular pressure elevations in one arm reduced pressure distension and pressure-induced flow in the brachial artery by about 50%. Conversely, prolonged reduction of arterial/arteriolar pressure in the lower body by 5 wks of sustained horizontal bedrest, induced threefold increases of the pressure distension and pressure flow responses in a tibial artery. Thus, the wall stiffness of arteries and arterioles are plastic properties that readily adapt to changes in the prevailing local intravascular pressure. The discussion concerns mechanisms underlying changes in local arterial/arteriolar stiffness as well as whether stiffness is altered by changes in myogenic tone and/or wall structure. As regards implications, regulation of local arterial/arteriolar stiffness may facilitate control of arterial pressure in erect posture and conditions of exaggerated intravascular pressure gradients. That increased intravascular pressure leads to increased arteriolar wall stiffness also supports the notion that local pressure loading may constitute a prime mover in the development of vascular changes in hypertension.
	Objavljeno v		Springer-Verlag; European journal of applied physiology; 2014; Vol. 114, no. 3; str. 499-509; Impact Factor: 2.298; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; A': 1; WoS: UM, XW; Avtorji / Authors: Eiken Ola, Mekjavić Igor B., Kölegard Roger
	Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek

5.	COBISS ID	26881063	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zmerno intenzivna vadba zmanjša oksidativni stres zaradi normobarične hipoksije
		ANG	Moderate exercise blunts oxidative stress induced by normobaric hypoxic confinement
	Opis	SLO	V tej raziskavi smo testirali hipotezo, da lahko z zmerno intenzivno vsakodnevno vadbo zmanjšamo oksidativni stres, ki se pojavi kot posledica izpostavitve kronični hipoksiji. Dobljeni rezultati kažejo, da je z vadbo dejansko možno izboljšati redoks ravnotežje med kronično hipoksijo. Rezultat tega dela ima tudi veliko praktično vrednost, saj nakazuje, da bi lahko z vadbo zmanjšali oksidativni stres tudi pri kliničnih populacijah, ki so zaradi zdravstvenega stanja kronično izpostavljeni hipoksičnim pogojem (pljučni bolniki, debelost itd.).
		ANG	This study tests the hypothesis that moderate exercise alleviates chronic hypoxia induced oxidative stress. Our obtain results confirm the proposed hypothesis and show the ability of daily, moderate intensity exercise training to reduce the oxidative stress levels and improve redox equilibrium. These findings also have significant applied value, since moderate training can be used to blunt oxidative stress induced by health/disease related chronic hypoxic exposures as experienced by patients with pulmonary disease, obesity etc.
	Objavljeno v	American College of Sports Medicine; Medicine and science in sports and exercise; 2014; Vol. 46, no. 1; str. 33-41; Impact Factor: 4.459; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; A': 1; WoS: XW; Avtorji / Authors: Debevec Tadej, Pialoux Vincent, Mekjavić Igor B., Eiken Ola, Mury Pauline, Millet Grégoire P.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	25226279	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Humanoids 2011
		ANG	Humanoids 2011
	Opis	SLO	IEEEERAS International Conference on Humanoid Robots je največja konferenca s področja humanoidne robotike v svetovnem merilu. Konferenca poteka pod okriljem IEEE Robotics and Automation Society, ki je najpomembnejša svetovna organizacija robotikov. Član naše programske skupine dr. Ude je bil v letu 2011 predsednik te konference ("general chair"), ki je v njegovi organizaciji potekala na Bledu (http://www.humanoids2011.org/). Gre za največjo robotsko konferenco, katere organizacijo je do sedaj IEEE RAS dodelila Sloveniji.
		ANG	IEEEERAS International Conference on Humanoid Robots is the main conference in the area of humanoid robotics worldwide. It is sponsored by IEEE Robotics and Automation Society, which is the prime robotics society in the world. The member of our programme group dr. Ude was a general chair of this conference in 2011 and organised it at Bled, Slovenia, in October 2011 (http://www.humanoids2011.org/). Humanoids is the biggest and most important conference sponsored by IEEE RAS, which has been organised in Slovenia up to now.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	IEEE; 2011; 1 USB ključ;	

	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
2.	COBISS ID	26610983	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Navodila za namestitev in uporabo avtomatizirane celice za predpihanje steklenih izdelkov
		ANG	Instructions for the installation and operation of automated cell for glass preblowing
	Opis	SLO	V Steklarni Hrastnik smo naredili avtomatski sistem za predpihanje steklenih izdelkov. Sistem omogoča izvedbo predpihanje za širok nabor izdelkov. Pri SLO uvedbi novega izdelka izvedemo enkratne meritve steklarskih parametrov končnega izdelka, s pomočjo katerih sestavimo računalniški predpis za avtomatsko izvedbo predpihanja. Za to delo smo dobili Zlato priznanje za inovacijo, ki ga podeljuje Gospodarska zbornica Slovenije.
		ANG	In glass manufacturing company Steklarna Hrastnik we developed an automated system for pre blowing of glass products. The system can process a wide range of different glass products. When a new product is introduced, we measure the parameters relevant for the process of glass forming. Based on these parameters we prepare a computer description which is necessary to carry out the automatic process of glass forming. For this work we received the Golden price for innovation, which is awarded by the Chamber of commerce and industry of Slovenia.
	Šifra	E.01 Domače nagrade	
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Ružič Anton	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
3.	COBISS ID	25079335	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Objektnoakcijski sklopi
		ANG	Object-action complexes
	Opis	SLO	V zadnjem programskem obdobju je programska skupina izvedla oziroma še izvaja več večjih evropskih projektov s področja robotike in fiziologije: integrirana projekta PACOPLUS (Zaznavanje, delovanje in kognitivni sistemi skozi učenje objektnoakcijskih sklopov) in Xperience (Robotsko učenje iz izkušenj) ter STREP projekte IntellAct (Inteligentno opazovanje in izvedba robotskih operacij), CoDyCo (Celotelesni podajni dinamični kontakti na kognitivnih humanoidnih robotih), PlanHab (Simulacija planetarnega habitata) in ACAT (Učenje in izvedba akcijskih kategorij). Delež programske skupine je bil v vsakem od teh projektov med nekaj manj kot 500.000 do več kot 1.000.000 evrov. V tem članku je opisan zaključni rezultat projekta PACOPLUS, to so objektnoakcijski sklopi, s katerimi združujemo predstavitve na senzomotoričnem in simboličnem nivoju.
		ANG	In the last period of funding our program group conducted and has still been conducting a number of large EU projects in the area of robotics and physiology. These are: IP projects PACOPLUS (Perception, action, and cognition through learning of object action complexes) and Xperience (Robots Bootstrapped through Learning from Experience) and STREP projects IntellAct (Intelligent observation and execution of Actions and manipulations), CoDyCo (Wholebody compliant dynamical contacts in cognitive humanoids), PlanHab (Planetary habitat simulation), and ACAT (Learning and Execution of Action Categories). The value of each of these projects for our program group was between slightly less than 500.000 Euros to more than 1.000.000 Euros. This paper describes the final result of the PACOPLUS project, i.e. objectaction complexes, which combine low-level sensorimotor representation and highlevel symbolic representations.

	Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu	
	Objavljeno v	North Holland; Robotics and autonomous systems; 2011; Vol. 59, no. 10; str. 740-757; Impact Factor: 1.056; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.204; WoS: AC, EP, RB; Avtorji / Authors: Krüger Norbert, Ude Aleš, Omrčen Damir	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	27321127	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Polet iz Planice na Luno
		ANG	Flight from Planica to the Moon
	Opis	SLO	Dokumentarni film o delu avtorja te vloge, predvsem o raziskovalnem projektu "Simulacija planetarnega habitata", in ustanovitev laboratorija v Olimpijskem športnem centru Planica.
		ANG	Documentary on the work of the author of this proposal, with an emphasis on the research project "Planetar habitat simulation", and on the founding of a research laboratory at the Olympic Sport Centre Planica.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	RTV Slovenija 1; 2013; Avtorji / Authors: Mekjavič Igor B.	
	Tipologija	2.19 Radijska ali televizijska oddaja	
5.	COBISS ID	251433728	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Simulacija lunarnega habitata
		ANG	Lunar habitat simulation
	Opis	SLO	Strokovno srečanje znanstvenikov Evropske vesoljske agencije (ESA) in NASA o vplivu okolja v bodočih lunarnih habitatih na astronavte.
		ANG	Meeting of scientists from the European Space Agency (ESA) and NASA on the effect of the environment within future lunar habitats on astronauts.
	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	Biomed; 2010; 35 str.; Avtorji / Authors: Mekjavič Igor B., Eiken Ola	
	Tipologija	2.05 Drugo učno gradivo	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Merilo za kvaliteto naših znanstvenih prispevkov so objave v najkvalitetnejših revijah na področjih raziskav v predlaganem programu. Programska skupina Avtomatika, robotika in biokibernetika je edina raziskovalna skupina v Sloveniji, ki je v zadnjih šestih letih objavljala članke v najboljših robotskih revijah kot so International Journal of Robotics Research in IEEE Transactions on Robotics. Naši najpomembnejši preboji v zadnjem obdobju obsegajo nove metode za učenje robotskih veščin s posnemanjem, nove humanoidne mehanizme, simulacijo planetarnega habitata, manikine za vrednotenje industrijskih, vojaških in rekreacijskih oblačilnih sistemov, itd. Ker pa spada naša programska skupina na področje proizvodnih tehnologij in sistemov, je zelo pomembno merilo tudi, da naša skupina uspešno izvaja skupne projekte s slovenskimi in mednarodnimi industrijskimi partnerji in da je bilo naše delo nagrajeno s Puhovim priznanjem in s priznanji Gospodarske zbornice Slovenije. Zato se je velik del naših raziskav nanašal na prototipe novih tehnologij za industrijske partnerje.

Na področju biokibernetike smo razvili prvi hipoksični "live-in" in "living" laboratorij. Naš simulator hipoksičnih pogojev v Olimpijskem športnem centru Planica so obiskale delegacije iz vesoljskih agencij (NASA in ESA). Že nekaj let dobivamo finančno podporo (EU, ESA) za naše raziskovalno in razvojno delo v tem centru. Center v Planici je edinstveni center na svetu, ki je sposoben opravljati tovrstne poskuse. V tem centru ekipe mednarodnih strokovnjakov sodelujejo s slovenskimi kolegi pri odkrivanju skupnega vpliva neaktivnosti in hipoksije na mišičnoskeletni, nevrohormonski, srčnožilni, termoregulacijski, in prebavni sistem. V Sloveniji je biokibernetična skupina v našem programu edina, ki se raziskovalno ukvarja z okoljsko fiziologijo in ergonomijo, in je najbolj dejavna na področju aplikativne fiziologije. Naša programska skupina je edina v Sloveniji in med redkimi v svetu, ki se ukvarja s partnerstvom človek-robot, kar je možno zaradi kritične mase raziskovalcev na področjih robotike in biokibernetike.

Industrija danes že uspešno uporablja robotske sisteme v različnih proizvodnih procesih. Visoka stopnja robotizacije je bila dosežena predvsem v avtomobilski industriji, ki robote uporablja za izvedbo zahtevnih operacij, ki se neprestano ponavljajo. Pri tem lahko roboti delajo celo hitreje, bolj natančno in bolj zanesljivo kot človek. Vendar pa obstoječih robotskih tehnologij še vedno ne moremo uporabljati v proizvodnih procesih, ki se nanšajo na manjše serije izdelkov. Vzrok za to je predvsem dolgotrajnost programiranja procesov za vodenje robotov. V preteklem obdobju smo razvili nove tehnologije za inteligentno robotsko vodenje, pri čemer smo obravnavali tako standardne industrijske robote kot tudi novejša sisteme kot so dvoročni (humanoidni) mehanizmi. S tem smo pripomogli k vpeljavi novih robotskih aplikacij v industrijo.

Eden največjih izzivov moderne robotike je razvoj kognitivnih robotskih sistemov za pomoč ljudem, kar se kaže v številnih programih, ki se nanašajo na področje kognitivne robotike v Evropi, ZDA in na Japonskem. V zadnjem obdobju smo sodelovali v petih večjih evropskih projektih s tega področja. V teh projektih smo razvijali predvsem nove tehnologije za robotsko učenje, ki robotom omogočajo bolj naravno in predvsem hitrejšo pridobivanje novih motoričnih znanj. Čeprav je šlo pri teh raziskavah predvsem za temeljne raziskave, smo že v preteklem obdobju začeli sodelovati z industrijskim partnerjem pri prenosu tehnologij s področja robotskega učenja v industrijska okolja. Naše raziskave smo pripomogle tudi k povečanju avtonomije robotskih sistemov, kar je pomembno za prenos robotskih tehnologij iz tradicionalnih industrijskih v bolj naravna okolja, kot so na primer domača okolja. V takšnih okoljih morajo biti roboti samostojnejši, saj v njih niso stalno prisotni inženirji, ki bi lahko popravljali napake v njihovem delovanju.

ANG

A gauge of our scientific contributions are the papers published in top international refereed scientific journals. We are the only research group in Slovenia with publications in prime robotics journals International Journal of Robotics Research and IEEE Transactions on Robotics in the last six years. By combining engineering sciences and life sciences, we have been able to make significant contributions to the development of: new methods for sensorimotor learning by imitation and coaching, a planetary habitat simulation facility, new humanoid systems, manikins enabling the evaluation of protective garments for industry and recreation, etc. But since our programme group is anchored in the field of production technology, it is equally important that we have ongoing collaborative projects with many Slovene and international industrial partners, and that our contributions to technology transfer have received awards from the Government of Slovenia (Puh Award) and the Slovene Chamber of Commerce. Indeed, much of our work includes R&D of prototype technologies, and is subject to nondisclosure agreements, rendering it impossible to publish/disclose some of our most innovative developments in the open literature.

In the life sciences field we have developed the first hypoxic livein and living laboratory. Delegations from ESA and NASA have visited our facility, and have provided continued support (ESA, EC) for studies pertaining to prolonged (up to 21 days) exposure to hypoxia and inactivity. Presently we are the only facility in the world capable of conducting such studies, and have hosted teams of international scientists teaming with Slovene scientists to study the effects of hypoxia and inactivity on the musculoskeletal, neurohumoral, cardiorespiratory, thermoregulatory and digestive systems. Within Slovenia, our biocybernetics group is the only

group conducting research in environmental physiology and ergonomics, and is perhaps the most active in the general area of applied physiology. Certainly, our research programme group is the only one in Slovenia, and among very few worldwide, that has focused on the issue of human robot teaming. This has only been possible due to the support of a critical mass of scientists in these varied fields.

Robotic systems have been successfully utilized in manufacturing, especially in the car industry, for many years. However, existing technologies still cannot be used in many areas of manufacturing where manual work (in particular for few of a kind production) is used today. This is because setup costs for automated systems are high and they fail whenever even minor changes in the production process are made. To address these issues we developed new technologies for intelligent control, which alleviate the need for frequent reprogramming. We implemented new technologies both for control of standard industrial robots and for new dual-arm (humanoid) mechanisms.

The development of cognitive robotic systems, capable of assisting people in their living environments, implies the understanding of humanlike intelligence and is therefore one of the biggest challenges of modern science. This is reflected in a large number of research programs in the area of robotics in Europe, USA, and Japan. In the last period we collaborated in five large EU projects in the area of cognitive robotics. In these projects we developed several new technologies for fast sensorimotor learning in robotic systems. We have started to collaborate with an industrial partner to implement the developed learning technologies in industrial controllers. More generally, our research contributed to the increased robot autonomy, which is necessary to transfer robot technologies from industrial to human living environments. Robots should be more autonomous in such environments robots because engineers are normally not constantly available to help.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Naši temeljni in aplikativni projekti so v preteklosti in bodo tudi v prihodnosti prispevali k uvajanju novih tehnologij v proizvodne procese. S tem prispevamo k razvoju slovenske industrije in posledično k družbenoekonomskemu razvoju Slovenije.

Hipoksični simulator v Olimpijskem športnem centru Planica je sedaj v procesu akreditacije s strani Evropske vesoljske agencije (ESA), kot eden od centrov v njihovem omrežju zemeljskih raziskovalnih centrov. Naš cilj je, da postane center platforma za vrednotenje strategij in opreme slovenskih in evropskih podjetij pri preprečevanju negativnih učinkov neaktivnosti, kot so na primer mišična atrofija in osteoporoza. Poleg inovativnih strategij smo z našim raziskovalnim delom ovrednotili tudi nove medicinske naprave, od programskih rešitev (aplikacij) do strojne opreme. Sodelujoča podjetja so v sodelovanju z nami uspešno razvila nove storitve, ki jih sedaj tržijo. Naše raziskave so tudi pokazale napake pri delovanju določenih medicinskih naprav v hipoksičnem okolju, kar je sprožilo razvojni projekt, da se te napake odpravi.

Naše raziskave imajo močno aplikativno komponento in prispevajo k povečani avtomatizaciji in robotizaciji proizvodnih procesov. V preteklem šestletnem obdobju smo na področju robotike in avtomatike tesno sodelovali z vrsto domačih (Droga, Steklarna Hrastnik, RC eNeM, UCS) in tujih podjetij. To sodelovanje nameravamo v prihodnjem obdobju okrepiti in ga razširiti na nove partnerje, s katerimi že pripravljamo nove projekte. Naš cilj pri sodelovanju z domačimi in tujimi podjetji je vpeljava novih robotskih tehnologij v proizvodne procese. V sodelovanju z enim največjih svetovnih proizvajalcev robotskih sistemov smo že uspeli prenesti rezultate naših raziskav s področja učenja robotskih operacij v stiku z okolico na industrijske robote. S tem prispevamo k prodoru slovenskega znanja v tuja podjetja.

Industrijsko proizvodnjo v državah kot je Slovenija ogrožajo podjetja iz držav, v katerih so dohodki delavcev bistveno nižji. To še posebej drži za proizvodnje procese, ki se danes še vedno izvajajo ročno. Naš raziskovalni program se nanaša na nekatere bistvene inovacije, ki prispevajo k ohranitvi industrijske proizvodnje v Sloveniji. Tako smo na primer v preteklem

obdobju razvili nove sisteme in postopke za robotizacijo in avtomatizacijo steklarske proizvodnje. Naše raziskave na področju avtomatizacije industrijske proizvodnje prispevajo k zmanjšanju stroškov proizvodnje in omogočajo nepretrgano (24/7) proizvodnjo brez povečanja števila delavcev. Stalna proizvodnja s pomočjo robotov zmanjša porabo energije na izdelek, kar je pomembno v industrijah kot je steklarska, v kateri morajo talilne peči neprestano delovati. Čeprav različni proizvodni procesi pogosto zahtevajo različne rešitve, imamo pri sodelovanju z industrijskimi partnerji v panogah kot je prehrabna industrija, montaža in elektronika podobne cilje.

Raziskovalci iz naše programske skupine so vključeni v pedagoški proces na univerzah v Sloveniji in v tujini. Naše raziskave privlačijo tuje študente, ki se želijo vključiti v naš raziskovalni program in pridobiti vrhunsko izobrazbo na področjih, ki jih pokriva naš program.

ANG

Our basic and applied research projects have contributed directly to the research and development in Slovenian companies in various areas of industrial endeavour. In this way we contribute to the socio-economical development of Slovenian industry and society.

The hypoxic facility established in the Olympic Sport Centre Planica is now in the process of being accredited by the European Space Agency as a ground-based research facility. It is a platform for the evaluation of countermeasures offered by Slovenian and EU companies. In addition, innovative prototypes have been evaluated during the experimental campaigns ranging from Apps to equipment, and new concepts in medical cloud computing. Companies have also been able to develop new services as a consequence of collaborating in our studies at the Planica facility. Our industrial partners have been supporting our effort to assess whether the altitude anorexia phenomenon can be initiated in normobaric hypoxic facilities, and ultimately harnessed by weight reduction programmes. Research at this facility has also demonstrated the inability of some medical equipment to operate in such environments, and has stimulated further collaborative R&D to remedy such hardware/software issues.

In the past six years of funding we have introduced many of our innovative robotics and automation concepts to Slovene (Droga, Steklarna Hrastnik, RC eNeM, UCS) and international companies. The main goal of our research is to introduce state of the art robot technologies into complex production processes where robotics and automation could not be used in the past. For example, in the past period of funding we collaborated with with one of the main producers of industrial robots in the world in order to the transfer our newly developed robot learning technologies to industrial robots. In this way we contribute also to the dissemination of Slovene intellectual property worldwide.

Manufacturing in countries like Slovenia is under threat from low wage countries, especially in industries that still involve manual work. Within the past six years we addressed some of the crucial issues in this area. For example, our past and proposed projects in glass manufacturing aimed at achieving capabilities needed to enable large introduction of robotics and automation in glass forming, an industrial area where standard robots still cannot be used and many production processes are performed manually. The overall aim of our efforts is to reduce the overall production costs and allow 24/7 production with the same number of human workers. Achieving constant production by introducing robot operators decreases the amount of energy per unit, an important consideration in an industry such as glass production where main energy sources for large input furnaces are still fossil fuels. While the problems are not always the same, we have similar goals in our collaboration with industrial partners from other areas including food production, automated assembly, and electronics. Thus our research programme has already contributed to the development and retention of advanced manufacturing in Slovenia.

Our researchers are also active in the teaching process at various universities in Slovenia and abroad. Our work attracts foreign students, wishing to participate in our research programme, and pursue their graduate degrees on topics covered by our programme.

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

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	10

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
26474	Mitja Babič	☐	☒	☒	
24266	Leon Lahajnar	☐	☒	☒	
25638	Andrej Gams	☐	☒	☒	
29543	Eva Stergaršek Kuzmič	☒	☐	☒	
29525	Blaž Hajdinjak	☒	☐	☒	
28474	Tadej Debevec	☐	☒	☒	
31065	Michail Keramidas	☐	☒	☒	
31265	Mojca Amon	☐	☒	☐	
30885	Tadej Petrič	☐	☒	☒	
32148	Denis Forte	☐	☒	☒	
19750	Miroljub Jakovljevič	☐	☒	☐	
28809	Daniel Wolowske Yogev	☐	☒	☐	

Legenda:

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

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
26474	Mitja Babič	☐	☒	C - Gospodarstvo ▼	
24266	Leon Lahajnar	☐	☒	C - Gospodarstvo ▼	
25638	Andrej Gams	☐	☒	A - raziskovalni zavodi ▼	
29543	Eva Stergaršek Kuzmič	☒	☐	C - Gospodarstvo ▼	
29525	Blaž Hajdinjak	☒	☐	C - Gospodarstvo ▼	
28474	Tadej Debevec	☐	☒	A - raziskovalni zavodi ▼	
31065	Michail Keramidas	☐	☒	F - Drugo ▼	
31265	Mojca Amon	☐	☒	C - Gospodarstvo ▼	
30885	Tadej Petrič	☐	☒	A - raziskovalni zavodi ▼	
32148	Denis Forte	☐	☒	A - raziskovalni zavodi ▼	
19750	Miroljub Jakovljevič	☐	☒	D - Javni zavod ▼	

28809	Daniel Wolowske Yogev			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	
35855	Tarsi Bali	D - podoktorand	24	
33881	Shawnda Morrison	D - podoktorand	30	
30526	Stylianios Kounalakis	B - uveljavljeni raziskovalec	3	
31065	Michail Keramidas	D - podoktorand	3	
32523	Urša Ciuha	C - študent – doktorand	24	
36741	Iva Kumprej	A - raziskovalec/strokovnjak	12	
35038	Aleksandar Mitrović	A - raziskovalec/strokovnjak	3	
8052	Ana Robnik	A - raziskovalec/strokovnjak	3	
29319	Aleš Jurca	A - raziskovalec/strokovnjak	4	
12209	Mihael Gajster	A - raziskovalec/strokovnjak	2	
15561	Matjaž Červek	A - raziskovalec/strokovnjak	2	
18692	Daniela Zavec Pavlinić	D - podoktorand	12	
32687	Polona Kraner	C - študent – doktorand	12	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

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

SLO

Evropski projekti, ki se izvajajo v naši programski skupini, zagotavljajo pomemben delež sredstev za izvajanje našega raziskovalnega programa. Po podatkih s spletne strani ARRS (glej http://www.rrs.gov.si/sl/progproj/rprog/rezultati/13/inc/rezultatEUvpetost_2013.pdf) je bila naša programska skupina v letu 2013 najbolj vpeta v evropske projekte med vsemi programskimi skupinami na področju Proizvodne tehnologije in sistemi.

IP projekti

- **Xperience** (Pospešeno robotsko učenje iz izkušenj)
Vodja projekta: prof. dr. Aleš Ude
- **PACOPUS** (Zaznavanje, delovanje in kognitivni sistemi s pomočjo učenja)

objektno akcijskih sklopov)

Vodja projekta: prof. dr. Aleš Ude

STREP projekti

- **PlanHab** (Simulacija planetarnega habitata)
Koordinator: prof. dr. Igor Mekjavić
- **IntellAct** (Inteligentno opazovanje in izvedba robotskih operacij)
Vodja projekta: prof. dr. Aleš Ude
- **CoDyCo** (Podajni dinamični kontakti pri gibanju celega telesa humanoidnih robotov)
Vodja projekta: doc. dr. Jan Babič
- **ACAT** (Učenje in izvedba akcijskih kategorij)
Vodja projekta: prof. dr. Aleš Ude
- **CONFIDENCE** (Vseprisoten sistem za nego v podporo neodvisnemu življenju)
Sovodja projekta: doc. dr. Leon Žlajpah

Projekt iz programa Marie Curie:

- **ICARUS** (Mednarodno sodelovanje pri razvoju raziskav na področju človeške termoregulacije)
Koordinator: prof. dr. Igor Mekjavić

Projekt iz programa Cooperation in Science and Technology (COST):

- **COST B14:** Hyperbaric oxygen therapy
- **COST 730:** The universal thermal climate index (UTCI)
- **COST TU1101:** Towards safer bicycling through optimization of bicycle helmet usage

Bilateralni projekti:

- **Pospešen razvoj avtonomnih oblik delovanja humanoidnih robotov**
ATR Computational Neuroscience Laboratories, Kyoto, Japonska
prof. dr. Aleš Ude
- **Učenje elementarnih gibov na podajnem humanoidnem robotu**
EPFL Lausanne, Švica
Andrej Gams & Aleš Ude
- **Prenos človekovega gibanja na humanoidnega robota**
ATR Computational Neuroscience Laboratories, Kyoto, Japonska
doc. dr. Jan Babič
- **PROTEUS: Razvoj t.i. umetne kože kot elementa potečega se manikina**
CNRS National Centre for Scientific Research in University of Strasbourg
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Razvoj zaščitnih oblačilnih sistemov - numerično modeliranje tekstilij in biofizikalna analiza oblačilnih sistemov**
Tekstilnotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvaška
Igor Mekjavić

Industrijski in drugi mednarodni projekti:

- **Učenje in adaptacija robotskih spretnosti na podlagi demonstriranih sil**
Yaskawa Electric Corporation, Kitakyushu, Japonska
prof. dr. Aleš Ude
- **Zajemanje gibanja človeka za kalibracijo možganskih vmesnikov**
ATR Computational Neuroscience Laboratories, Kyoto, Japonska
prof. dr. Aleš Ude
- **Izvorna koda za vodenje humanoidnega robota CBI**
ATR Computational Neuroscience Laboratories, Kyoto, Japonska
prof. dr. Aleš Ude
- **Planetary (Lunar & Mars) Habitat Simulations**
ESA/ESTEC
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Breztežnost in zmanjšana težnost: učinki na kardiovaskularni in mišičnoskeletni sistem** - sofinanciranje
KTH (Royal Institute of Technology), Švedska
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Testna naprava št. 1**
W.L. Gore & Associates GmbH
doc. dr. Leon Žlajpah
- **Testiranje vojaške opreme**

Australian Government, Department of Defence
prof. dr. Igor Mekjavić

- **Razvoj ukrivljenih LCD filtrov**

Kimberly-Clark
doc. dr. Leon Žlajpah

- **Vstavljanje čepa z dvoročno manipulacijo**

Yaskawa Electric Corporation, Kitakyushu, Japonska
prof. dr. Aleš Ude

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

SLO

- **Sistem za avtomatizirano in integrirano sočasno proizvodnjo različnih izdelkov**
Droga Kolinska d.d.
dr. Anton Ružič
- **Zgradba nadzornokrmilnega sistema ob postavljanju linije v novo tovarno**
Žito prehrabena industrija, d.d.
dr. Anton Ružič
- **Analiza proizvodnih procesov in zasnova avtomatizacije v proizvodnji svetil v steklarni**
Steklarna Hrastnik - Opal, d.o.o.
dr. Anton Ružič
- **Eksperimentalna postavitve za testiranje prepihanja v laboratorijskem okolju in v ciljnem proizvodnem okolju**
Steklarna Hrastnik - Opal, d.o.o.
dr. Anton Ružič
- **Razvoj naprave za avtomatsko predpihanje steklenih izdelkov**
Steklarna Hrastnik - Opal d.o.o.
dr. Anton Ružič
- **Razvoj celice za avtomatizacijo predpihanja v procesu steklarske proizvodnje**
Razvojni center
eNeM Novi materiali, d.o.o., Podružnica Nano materiali v steklarstvu
dr. Anton Ružič
- **Sodelovanje pri pridobivanju informacij v raziskovalno razvojne sfere mednarodnega okolja NATO/RTO/HFM - RTG 187; Primerno ravnanje pri ekstremnih temperaturah**
Ministrstvo za obrambo RS
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Sodelovanje pri pridobivanju informacij v raziskovalno razvojne sfere mednarodnega okolja NATO/RTO/HFM - RTG 192; Optimalna uporaba terapije s hiperbaričnim kisikom v vojaških zdravstvenih ustanovah**
Ministrstvo za obrambo RS
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Sodelovanje pri pridobivanju informacij v raziskovalno razvojne sfere mednarodnega okolja NATO/RTO/HFM - RTG 238; Zmanjševanje obremenitev vojakov**
Ministrstvo za obrambo RS
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Razvoj celice za avtomatizirano predpihanje v procesu steklarske industrije**
Razvojni center eNeM Novi Materiali, d.o.o.
dr. Anton Ružič
- **Dolžinsko-širinski model rasti stopal otrok**
UCS, kupcu prilagojeni proizvodi, d.o.o.
prof. dr. Igor Mekjavić
- **Analiza in zasnova avtomatizacije montaže luči**
Odelo Slovenija, d.o.o.
doc. dr. Leon Žlajpah

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

SLO

Navajamo seznam rezultatov raziskovalnega dela programske skupine, pri katerih vidimo možnosti za implementacijo v praksi. Pri vsakem rezultatu smo ocenili tudi stopnjo tehnološke zrelosti (STZ) na lestvici od 1 do 9, kjer 1 predstavlja razvoj osnovnega principa, in 9 tehnološko dokončan in preizkušen sistem. Nekateri od teh rezultatov se že uporabljajo v praktičnih proizvodnih procesih.

1. **Humanoidni toplotni robot/manikin celega telesa** (STZ = 9).
2. **Toplotni manikin noge** (STZ = 9)
3. **Toplotni manikin roke** (STZ = 9)
4. **Toplotni manikin glave** (STZ = 9)
5. **Toplotni manikin torza** (STZ = 9)
6. **Naprava za avtomatsko predpihanje steklenih izdelkov** (STZ = 9)
7. **Nadzornokrmilni sistem za postavljanje proizvodne linije** (STZ = 9)
8. **Linija za pakiranje čajev** (STZ = 9)
9. **Učenje montažnih operacij ob uporabi sil in navorov** (STZ = 7)
10. **Posploševanje vzorčnih gibanj glede na parametre naloge** (STZ = 5)
11. **Robotsko učenje s človekom v zanki** (STZ = 5)
12. **Učenje objektov s pomočjo avtonomnega raziskovanja** STZ = 3
13. **Prioritizirano vodenje robotov z možnostjo zveznega prehoda med posameznimi nalogami** (STZ = 7)
14. **Naprava za simulacijo športnih aktivnosti, ki temelji na paralelni robotski platformi in tehnologijah navidezne resničnosti** (STZ = 7)
15. **Simulator lunarnega in planetarnega habitata** (STZ = 9)
16. **Naprava za določanje regionalnega toplotnega udobja** (STZ = 9)
17. **Naprava za določanje občutljivost na toplotne dražljaje** (STZ = 9)
18. **Metoda zdravljenja omrzlin** (STZ = 9)
19. **Aplikacija za tablični računalnik za dolčanje psihofizičnih parametrov** (STZ = 7)
20. **Nadgradnja spletne aplikacije (<http://www.opkp.si>) za določanje energetske vrednosti hrane** (STZ = 8)
21. **Naprava za preprečevanje poškodb zaradi mraza** (STZ = 6)
22. **Simulator eksplozivnega požara in požarni manikin** (STZ = 9)

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	☒ DA ☐ NE
potrebni finančni vložek	1.000.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Spinoff/spinout podjetje bo potrebovalo: • po en primer vsakega humanoidne manikina (noga, roka, glava, trup, celo telo, torso) • klimatsko komoro s vetrovnikom • tekočo preprogo • mobilni sistem za merjenje porabe kisika • hipoksični simulator • osnovno eletromehansko orodje

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Razvoj centra za biomedicinske planetarne raziskave v Planicii je sofinancirala Evropska vesoljska agencija (ESA), in omogoča preučevanje vpliv simuliranega bivanja v bodočih

habitatih na Luni in Marsu, na fiziološke in psihološke procese zdravih posameznikov. Center uporabljamo tudi za preučevanje učinkovitost različnih hipoksičnih intervencij pri zdravljenju debelosti in metabolnega sindroma. Te raziskave nam omogočajo boljše razumevanje učinkov določenih bolezenskih stanj, ki povzročijo kronično hipoksijo in zmanjšano aktivnost posameznikov (npr. kronična obstruktivna pljučna bolezen, srčna insuficienca itd.). Možnosti novih kliničnih pristopov na podlagi sistema za simulacijo povečane nadmorske višine, ki je bil razvit v sodelovanju z industrijskim partnerjem, odpira nove komercialne niše za tovrstno tehnologijo in njen nadaljnji razvoj. Naš cilj ciljev je vključitev planiškega centra v mrežo zemeljskih raziskovalnih centrov Evropske vesoljske agencije.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Robotsko učenje s posnemanjem demonstriranih sil in navorov pri montažnih operacijah

V okviru evropskega projekta IntellAct (Intelligent observation and execution of actions and manipulations povezava) smo razvili novo metodo za programiranje robotov s posnemanjem, ki omogoča upoštevanje sil in navorov, ki nastanejo pri demonstraciji želene montažne naloge. Tako lahko industrijske robote hitreje naučimo različnih vrst montažnih operacij in jih prilagodimo obliki predmetov, ki jih mora robot premikati med izvajanjem želene naloge. To tehnologijo smo v sodelovanju z enim največjih svetovnih proizvajalcev industrijskih robotov v letu 2014 prenesli na industrijske robotske krmilnike.

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:

Institut "Jožef Stefan"

Igor Mekjavić

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

14.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/124

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot 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/analyze/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b
FE-1F-4E-04-FF-2E-76-3F-78-CE-8D-1C-A7-C9-73-D5-DC-F3-A2-CF

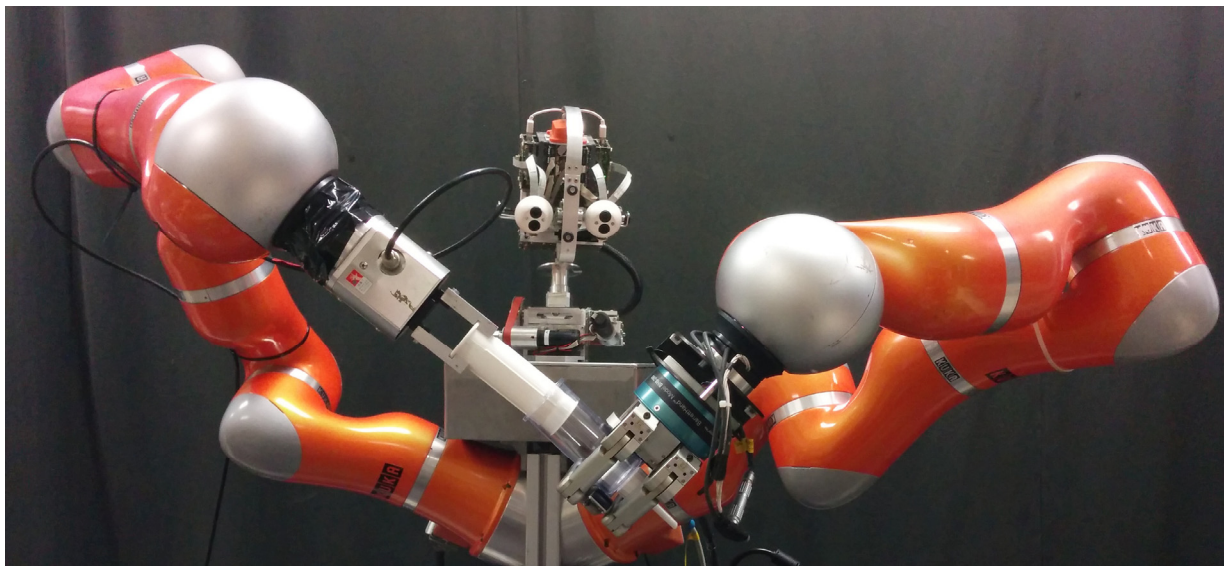
Priloga 1

Tehniške vede

2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi

Družbeno-ekonomski dosežek: Robotsko učenje s posnemanjem demonstriranih sil in navorov pri montažnih operacijah

Vir: F. J. Abu-Dakka, B. Nemec, A. Kramberger, A. G. Buch, N. Krüger, and A. Ude (2014) Solving peg-in-hole tasks by human demonstration and exception strategies, *Industrial Robot: An International Journal*, 41(6):575-584.



V okviru evropskega projekta IntellAct (Intelligent observation and execution of actions and manipulations povezava, <http://www.intellact.eu>) smo razvili novo metodo za programiranje robotov s posnemanjem, ki omogoča upoštevane sil in navorov, ki nastanejo pri demonstraciji želene montažne naloge. Tako lahko industrijske robote hitreje naučimo različnih vrst montažnih operacij in jih prilagodimo obliki predmetov, ki jih mora robot premikati med izvajanjem želene naloge. To tehnologijo smo v sodelovanju z enim največjih svetovnih proizvajalcev industrijskih robotov v letu 2014 prenesli na industrijske robotske krmilnike.

Priloga 2

Medicinske vede

Področje: Srce in ožilje

Znanstveni dosežek: Simulator planetarnega habitata

Vir: www.planhab.com



Razvoj centra za biomedicinske planetarne raziskave v Planicii je sofinancirala Evropska vesoljska agencija (ESA), in omogoča preučevanje vpliv simuliranega bivanja v bodočih habitatih na Luni in Marsu, na fiziološke in psihološke procese zdravih posameznikov. Poleg raziskav na področju simulacij planetarnega bivanja, smo ta center uporabili tudi za izvedbo raziskovalnega programa, ki se nanaša na učinkovitost različnih hipoksičnih intervencij pri zdravljenju debelosti in metabolnega sindroma. Te raziskave nam omogočajo boljše razumevanje učinkov določenih bolezenskih stanj, ki povzročijo kronično hipoksijo in zmanjšano aktivnost posameznikov (npr. kronična obstruktivna pljučna bolezen, srčna insuficienca itd.). Možnosti novih kliničnih pristopov na podlagi sistema za simulacijo povečane nadmorske višine, ki je bil razvit v sodelovanju z industrijskim partnerjem, odpira nove komercialne niše za tovrstno tehnologijo in njen nadaljnji razvoj. Naš cilj ciljev je vključitev planiškega centra v mrežo zemeljskih raziskovalnih centrov Evropske vesoljske agencije.