

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/64



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	P2-0228	
Naslov programa	Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju Analysis and synthesis of human and machine motion	
Vodja programa	7134 Marko Munih	
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	19293	
Cenovni razred		
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko 309 Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije - Soča	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika	
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija	
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Program "Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju", je usmerjen v analizo in povzročanje gibanja pri človeku ter v prepoznavanje in vodenje gibanja pri robotih.

Glavna dejavnost je razvoj na področjih rehabilitacije in industrije, kliničnem vrednotenju sodobnih mehatronskih tehnologij za diagnosticiranje in učenje funkcionalnih gibov. Prisoten je posluš za najbolj napredne tehnologije. Pozornost je usmerjena na naprave in pristope, v odpiranje novih možnosti, prijaznih za uporabnika in za vsakodnevno uporabo.

Uporabljene tehnologije pretežno vključujejo izgradnjo in uporabo haptičnih in industrijskih robotov. Objektivne meritve gibanja in senzorna integracija so pomemben del predvidenih raziskav, vključujoč tehniške senzorje in fiziološke senzorje. Uporabljena okolja robota ali človeka bodo realna ali navidezna, rehabilitacijski trening oz. industrijski robot v realnem okolju, kot tudi vadba s pomočjo tehnologij navidezne resničnosti ali programiranje pravih industrijskih robotov v simulacijskih orodjih. Raziskovalne metode v okviru merjenj funkcionalnega stanja in motoričnega usposabljanja posegajo na področja merjenj motoričnih funkcij, naprav za vadbo in telerehabilitacijo; na področje nosljivih senzorjev in prepoznavanja aktivnosti; na področje vadbe dojenčkov in otrok; na področje inteligentnih robotov za nadzor bolnika.

Drugi sklop raziskovalnih metod je na področju aplikacije robotov in merjenj v industriji s fokusnima usmeritvama v kompleksne aplikacije robotov, merjenja ter nadzor kvalitete izdelkov; ter lasersko merjenje razdalj v povezavi z roboti.

Program raziskav je skladen z definicijami v dveh pomembnih programskih sklopih v H2020 „Industrial leadership“ „Robotics“, kot tudi „Societal challenges“ „Personalising health and care“.

Cilj skupine je ustvarjanje novega znanja in sistemov na področju elektrotehniške znanosti. Poslanstvo je posredovanje znanj v gospodarstvo in druge institucije, npr. večjo kakovost življenja na področju rehabilitacijske tehnike, oz. robotike. Vizija raziskovalne skupine temelji na mednarodni odprtosti, sodelovanju in primerljivosti delovanja z eminentnimi EU skupinami (ETH, TUM) in izven. Skupina je mednarodno prepoznana na področju robotskih raziskav, robotskih aplikacij, rehabilitacije in kliničnih prispevkov.

ANG

The scope of program "Analysis and synthesis of human and machine motion" is centered around analysis and generation of movement in human, as well as measurement and control of movement in robots.

The main activity is developments in the field of rehabilitation and industry, clinical validation of modern mechatronic solutions for diagnostic and training of functional movements. Present is awareness for using most advanced technologies. The attention is directed in devices and approaches, in opening of new opportunities that are friendly for user and everyday use.

Used technologies include mainly construction and use of haptic and industrial robots. Objective measurements of movement and sensory integration are important aspects of prospective research, including technical and physiological sensors. Implemented environments of robot or human are real or virtual, rehabilitation training or industrial robot in real environment, as well as human exercise by exploiting virtual reality environments and offline programming in real industrial robots.

Research methods in the framework of measuring functional state of the user and motor exercise are expanding to the fields of motor function measurement, devices for training and telerehabilitation; to the fields of wearable sensors and activity recognition; to the fields of preterm newborns and children; and in the fields of intelligent robots for patient supervision.

The second area of planned research methods are applications of robots and measurements in the industry, focusing in two directions: sophisticated robot applications, measurements and product quality assurance; and laser distance measurements in connection with robots.

The topics of this research program are explicitly mentioned in two core themes or 'pillars' of H2020 programs „Industrial leadership“ „Robotics“, as well as „Societal challenges“ „Personalizing health and care“.

The goal of research team is creation of new fundamental and application knowledge in electrical engineering science. The mission is knowledge transfer from the university to the business sector and other institutions, i.e. to improve the quality of life in the field of rehabilitation engineering or robotics. The vision of the research team is based on the international openness, cooperation on equal basis with eminent EU groups (ETH, TUM) and worldwide. The group is internationally recognized in the areas of robotics research, robotic applications, rehabilitation and clinical work.

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

Za naše dosežke so zaslužni člani skupine z mednarodno priznano ekspertizo na področjih robotike, navidezne resničnosti, biomehanike, merjenj, vgrajenih sistemov, strojnega učenja in tudi praktičnih veščin na področjih elektrotehnike in gradnje sistemov. Naši dosežki so rezultat tesnega sobivanja z domačim in tujim kliničnim, industrijskim in raziskovalnim okoljem in ne bi bili mogoči v tej intenzivnosti brez tako močne prepletenosti delovanja ter prenašanja znanj med področji. Predloženi program iz leta 2008 je v celoti izpolnjen in presežen kvalitetno in po obsegu.

A Ocenjevanje funkcionalnega stanja in motorično usposabljanje

A1 Nosljivi sistemi za merjenje kinematike gibanja

Razvite nosljive enote so sestavljene iz 3D pospeškometra, 3D žiroskopa in 3D magnetometra, procesorja, brezžičnega oddajnika in algoritmov za estimacijo orientacij segmentov telesa. Izredno uspešni so novi algoritmi kalibracije senzorjev. Optimirano je nameščanje enot na telo, preverjanje delovanja sistema, sprotno sledenje gibanja uporabnika ter shranjevanje. Merilna tehnologija je nadgrajena z inteligentnimi algoritmi, ki zaznajo, kdaj uporabnik želi začeti/končati hojo, hojo po stopnicah navzgor/navzdol, vstajanje/vsedanje in obračanje. Delo je močno vpeto v mednarodno industrijsko, FP7 in univerzitetno sodelovanje.

A2 Modeliranje dinamike gibanja

Razvita sta bila dva modela za prostorsko gibanje teles. Prvi zajema bipedalno hojo z elementi hoje in vplivi na kinematične in kinetične parametre gibanja spodnjih ekstremitet človeka. Drugi simulira dinamiko vozil in interakcijo z okoljem pri upravljanju.

A3 Ocenjevanje motoričnih sposobnosti

Razvit je bil inovativen izometrični merilni senzorni sistem s 6D merilniki sil in navorov pod stolom, za naslonom stola, pod nogo, pod podlaktjo, pod dlanjo in trikrat med prsti. Na Madžarskem, v Belgiji in na Irskem je bilo izmerjenih 120 zdravih in 150 hemiplegičnih oseb.

A4 Biomehanska analiza veslanja

Razvit je bil sistem za merjenje kinematičnih in kinetičnih parametrov ter izračun neznanih parametrov z dinamičnim modelom pri vadbi na veslaškem simulatorju. Člani slovenske reprezentance so služili za razvoj referenčnega modela navideznega trenerja za samostojno vadbo veslanja.

A5 Urjenje prstov, seganja, gornjih ekstremitet

Razvit je bil sistem za vadbo ekstenzorjev in fleksorjev prstov. V drugi raziskavi je bil PCT pozitiven, vloženi so mednarodni patenti za napravo za dvoročno rehabilitacijo zgornjih ekstremitet, ustanovljena je bila spin-off firma Kinestica. Bimeo – rehabilitacijski instrument je prejel 2012 Rektorjevo nagrado UL za drugo naj inovacijo. Plod sodelovanja z ETH so razviti algoritmi za napoved cilja giba roke. Na Soči smo pokazali pomembne razlike med seganjem

pri zdravi in paretični roki.

A6 Urjenje ravnotežja

Razvili smo sistem za zajemanje posturalnih zmožnosti posameznika, ki temelji na merjenju gibanja reakcijske sile in pripadajočih navorov v vseh treh oseh.

A7 Urjenje v navideznem okolju

Razvitih je bilo več inženirsko zahtevnih multimodalnih (zvok, video, haptika z robotom) navideznih okolij za trening s ciljno usmerjenimi nalogami in skupinami prizadetih: za starostnike, za osebe po kapi in za otroke po cerebralni paralizii.

A8 Haptični robot za urjenje zgornje ekstremitete

Razviti paralelni robot z vključenimi serijskimi elastičnostmi omogoča z istim mehanizmom trening vseh sklepov zgornje ekstremitete.

A9 Haptičnost in fMRI

Razvit razširjeni haptični robot je omogočil nalogo seganja v navideznem okolju na 3 T fMRI tomografu KC Ljubljana in na ATR, Kyoto, Japan, torej istočasno vpogled v možgansko aktivnost.

A10 Psihofiziološka biokooperativna zanka

Razvit je bil biokooperativni rehabilitacijski sistem, ki združuje robotsko urjenje in oceno psihofiziološkega stanja osebe iz elektrokardiograma, prevodnosti kože, dihanja in temperature kože. Dosežen je bil izreden odmev, zelo bogato mednarodno sodelovanje s preko 30 IF objavami, Special issue v Presence in v IEEE Trans Neur Sys&Rehab Eng.

A11 Sistemi za vadbo na daljavo

Razvili smo telerehabilitacijski system za nadaljevanje vadbe ravnotežja na domu pacienta. Client/server aplikacija omogoča spremljanje na daljavo. Še drug telerehabilitacijski system, CareTOY ponuja kreiranje scenarijev vadbe, trening doma in terapevtov vpogled pri nedonošenih otrokih.

B Aplikacije robotov in merjenja v industriji

B1 Merjenje za precizno pozicioniranje

Razvit je bil sistem za precizno merjenje pozicije površine različnih tipov materialov preko laserske triangulacije. Natančnost meritve je izboljšana z avtomatskim nastavljanjem intenzitete laserskega žarka glede na lastnosti merjene površine, z uporabo dinamične projekcije simetričnega vzorca ter z odpravljanjem vpliva podpovršinskega sipanja z kompenzacijsko metodo na osnovi simetričnosti zajetega vzorca (sodelovanje LPKF).

B2 Trk med robotom in operaterjem

Razvit je bil sistem za emulacijo trka med industrijskim robotom in človekom. Dodatna pasivna mehanska podlaket dovoljuje ovrednotenje močnejših udarcev (sodelovanje DAX).

B3 Merjenje dimenzij

Razvili smo modul z umetnim vidom za merjenje dimenzij elementa imenovanega protektor in s tem posredno merjenje temperature izklopa. System je 24/7 uporabljen v domači industrijski produkciji v milijonih protektorjev.

B4 Združevanje senzornih informacij

Razvit je bil merilni postopek in z modelom podprto nastavljanje tlaka pri polnjenju z oljem elementov poimenovanih diastat, ki je temperaturni sensor z membrano, kapilaro in čutilom. Drastično zmanjšanje izmeta, instalirano na več strojih, uporabljeno stalno v Eta Cerkno, ki je iz tujine pridobila nova naročila.

B5 Industrijski robotski krmilnik

Razvit je bil industrijski robotski krmilnik odprte konfiguracije za robote Staubli, Yaskawa, Phantom, Omega in laboratorijske mehanizme. V okviru razvoja avtomatizacije montaže fasadnih panelov za podjetje Trimo je robotski krmilnik implementiran tudi na hidravličnem teleskopskem dvigalu.

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

SLO

Ena najpomembnejših značilnosti programske skupine je večje financiranje iz drugih virov, kot so ARRS in ostali državni viri. Dodatno financiranje programske skupine se deli predvsem v evropske in industrijske projekte. Tako ni težko razumeti, da prav ti projekti pomembno vplivajo na izvajanje raziskovalnega programa.

V obdobju 2009-2014 smo uspešno sodelovali pri več evropskih projektih. Projekt MIMICS se je lepo ujemal z naslovom programa, saj je šlo za sodelovanje med človekom, robotom in navideznim okoljem v namene rehabilitacije ohromelih oseb. Z razvitim senzornim sistemom za merjenje kinematičnih parametrov gibanja smo bili vključeni v projekta Evryon in Cyberlegs v smislu uporabe senzorike v kombinaciji z aktivno robotsko protezo za nadkolenske amputirance ter v projekt CareToy, ki vključuje merjenje in ocenjevanje gibalnih sposobnosti pri otrocih.

Pomemben del aktivnosti programske skupine je usmerjen v razvoj mehatronskih naprav za ponovno učenje gibanja po različnih nevroloških poškodbah in boleznih (projekta CORBYS in BALANCE). Posebnost omenjenega razvoja je v tem, da so izvirne rešitve predmet dvostranskega sodelovanja s tujimi podjetji ter mednarodnih patentnih prijav in patentov, ki so zanimivi za proizvajalce rehabilitacijske robotike. Tako je v letu 2013 nemško podjetje medica Medizintechnik GmbH na trg plasiralo napravo za urjenje ravnotežja med hojo Ego, ki temelji na našem patentu. V letu 2013 sta nam bila tudi podeljena dva nemška patenta in sicer za napravo za urjenje gibanja rok ter napravo za urjenje vstajanja. Obe napravi prej omenjeno nemško podjetje, ki je patenta odkupilo, namerava v nekaj letih plasirati na trg.

Napori programske skupine niso omejeni le na znanstveno odličnost in mednarodno prepoznavnost, ampak so zavestno povezani v bližnje in širše industrijsko okolje. Realizirani sistemi dolgoletnega sodelovanja z Eto Cerkno, nekateri objavljeni v znanstvenih recenziranih revijah, so vsi delovali v dveh ali treh izmenah. Pri proizvodnji diastatov je potrebno podčrtati superiornost več robotsko-merilnih sistemov in metod iz prejšnjih let, ki so Eti v zadnjem letu omogočili prevzem proizvodnih količin njihovih italjanskih in nemških partnerjev. Ob koncu 2013 je bila v redno proizvodnjo vključena nova celica za merjenje kontaktnih razdalj. Za podjetje Trimo Trebnje smo razvili vodenje teleoperacijskega robotskega sistema za avtomatsko montažno fasadnih panelov. S podjetjema Optotec in LPKF, ki sta proizvajalca laserjev za oftalmologijo in pri proizvodnji tiskanih vezij, je skupina raziskovala možnosti uporabe robotov v proizvodnji in optimalnih nastavitvah nove generacije laserjev. Za Aviat je bila narejena študija izvedljivosti s trenutnim prototipom azimuth/elevacija mehanizma za samodejno usmerjanje anten med LTE/4G vozlišči.

Glede na obseg financiranja iz drugih virov smemo trditi, da so bili zastavljeni cilji več kot doseženi.

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

SLO

Glede na sestavo programske skupine v letu 2013 sta bili v začetku 2014 dve spremembi.

Tadej Bajd (02813) je bil v letu 2013 aktiven v programski skupini, se je pa ob koncu 2013 upokojil in tako v letu 2014 ni več sodeloval pri delovanju programske skupine.

Aleš Hribar (28460) je bil v letu 2013 član programske skupine, v letu 2013 je skupaj z ostalimi člani programske skupine ustanovil spin-off podjetje Kinestica. V okviru tega podjetja se je v letu 2014 tudi zaposlil kot CEO in začel lastno pot, zato v 2014 ni bil več član programske skupine.

Tadej Beravs (33168) je zagovarjal doktorat maja 2014 in v roku zaključil MR obveznosti. Tadej Beravs je odločilno vplival na razvoj več domačih in tujih projektov programske skupine na UL FE v preteklih letih in v 2014. Zato je v dobro delovanja skupine po svojem doktoratu in do konca leta 2014 ostal član skupine kot raziskovalec.

Programska skupina P2-0228 je glede na preteklo delovanje pred koncem leta 2014 prejela povečanje ur. Vsebinsko je k vsebinam razširjenega programa na UL FE z 28.3 prispeval Imre Cikaljlo (20180), z 56.7 urami pa Andrej Olenšek (24473) in Matjaž Zdravec (32077).

Ni bilo sprememb v programu delovanja.

V okviru vsebin razširjenega programa leta 2014 smo na UL FE in na IR-RS Soča imeli tri aktivnosti. (i) Na razvitem nosljivem senzornem sistemu, ki omogoča merjenje psihofizioloških parametrov človeka, kinematičnih parametrov gibanja in obremenitev ekstremitet, smo začeli z izboljšavami v smislu uporabnosti in funkcionalnosti. (ii) Razvijali smo tehnološko rešitev pri napravi za vstajanje ter pametne algoritme, ki omogočajo prilagajanje posameznih nalog na osnovi merjenj biomehanskih parametrov uporabnika. (iii) Zelo uspešna je bila detekcija posameznih aktivnosti pri človeku (detekcija vstajanja, hoje, posameznih faz hoje, usedanja, detekcija po stopnicah gor in dol). Iz teh vsebin nam je uspelo objaviti eminentno publikacijo v *Robotics and automation magazine*, december 2014. Dodatno k temu smo v okviru povečanja raziskovalnega programa pozornost usmerili še v detekcijo obračanja pri človeku, kar smo tudi objavili v reviji *Sensors* (Domen Novak et al. 2014).

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	1633385	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeliranje dinamike bipedalne hoje
		ANG	Modeling of bipedal walking dynamics
	Opis	SLO	Raziskave s področja modeliranje dinamike gibanja se nanašajo na področje modeliranja dinamike človeka pri bipedalni hoji. Model bipedalne hoje posnema kinetične in kinematične parametre človeka pri hoji po ravni podlagi. Posebna pozornost je bila posvečena modeliranju hoje po prstih in določitvi parametrov za posnemanje realnih razmer.
		ANG	The research is related to modeling of human motion dynamics in bipedal walking. The model of bipedal walking mimics the kinetic and kinematic parameters of human in groundlevel walking. Special attention was devoted to modeling of a toewalking and determination of parameters for mimicking the real situation.
Objavljeno v	BioMed Central; Journal of neuroengineering and rehabilitation; 2012; Vol. 9, no. 60; str. [1-20]; Impact Factor: 2.567; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.439; A': 1; WoS: IG, RU, WC; Avtorji / Authors: Olenšek Andrej, Matjačič Zlatko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

2.	COBISS ID	8541012	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Psihofiziološke meritve v biokooperativni povratni zanki za rehabilitacijo zgornjih okončin	
	ANG	Psychophysiological measurements in a biooperative feedback loop for upper extremity rehabilitation	
Opis	SLO	Robotsko urjenje, ki je hkrati tudi kognitivno zahtevno, je predpogoj za učinkovit rehabilitacijski postopek. Biokooperativna povratna zanka prilagodi težavnost naloge urjenja na osnovi biomehanskih merjenj (sila in gibanje) ter štirih fizioloških signalov (srčni utrip, prevodnost kože, dihanje in temperatura na koži). Frekvenca dihanja in njena variabilnost ter temperatura kože rezultirajo v statistično pomembnih razlikah med različnimi težavnostnimi nivoji ne glede na fizično obremenitev bolnika. Te parametre je mogoče uporabiti za oceno kognitivne obremenitve bolnika.	
	ANG	Cognitively challenging robot assisted training is the key requirement for successful rehabilitation. Biocooperative feedback loop adapts the difficulty of a training task based on a fusion of task performance, biomechanical measurements (force and movements), and four psychological signals (heart rate, skin conductance, respiration, and peripheral skin temperature). Respiratory rate, its variability, and skin temperature show significant differences between difficulty levels regardless of physical load and can be used to estimate the cognitive workload.	
Objavljeno v	IEEE; IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering; 2011; Vol. 19, no. 4; str. 400-410; Impact Factor: 3.436; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.509; A': 1; WoS: IG, WC; Avtorji / Authors: Novak Domen, Mihelj Matjaž, Zihelr Jaka, Olenšek Andrej, Munih Marko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	1081449	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Konstrukcija serijskega elastičnega aktuatorja za večnamensko haptično rehabilitacijsko napravo	
	ANG	Design of a series viscoelastic actuator for multipurpose rehabilitation haptic device	
Opis	SLO	Večnamenski rehabilitacijski haptični robot je zgrajen kot pantografski mehanizem s spremenljivo strukturo in z dodanim vzmetnim suspenzijskim sistemom. Omogoča urjenje gibov rame, komolca in zapestja. Mehanizem poganjajo serijski elastični aktuatorji. Isto rehabilitacijsko napravo je mogoče z minimalnimi spremembami uporabiti za urjenje večine gibov, ki jih v dnevnih aktivnostih uporabljajo bolniki po kapi, poškodbi glave ali zgornje ekstremitete. Razvita večnamenska haptična naprava pomembno zmanjša ceno robotskega sistema za celovito rehabilitacijo zgornje ekstremitete.	
	ANG	Multipurpose rehabilitation haptic robot is based on variable structure pantograph mechanism combined with a spring suspension system. It provides training of the shoulder, elbow, and wrist. The mechanism is driven by series elastic actuators. A single device with minimal setup changes can be used for training of most upperlimb activities of daily living in stroke, brain injury, or other direct trauma to the arm. The developed multimodal haptic device significantly reduces the costs of robotic hardware for fullarm rehabilitation.	
Objavljeno v	BioMed Central; Journal of neuroengineering and rehabilitation; 2011; Vol. 8, no. 1; Impact Factor: 3.264; Srednja vrednost revije / Medium Category		

		Impact Factor: 1.509; A': 1; WoS: IG, RU, WC; Avtorji / Authors: Oblak Jakob, Matjačić Zlatko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	7953492 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Robotsko dvigalo v gradbeništvu
		<i>ANG</i> Robotic telescopic handler in construction
	Opis	<i>SLO</i> Razvili smo sistem vodenja za komercialno dosegljivo hidravlično teleskopsko dvigalo. Ciljna aplikacija za dvigalo je bila avtomatizacija montaže fasadnih plošč proizvajalca Trimo iz Trebnjega. Implementirali smo zaprtzančni princip vodenja in razvili algoritme, ki omogočajo gibanje dvigala v ročnem, polavtomatskem ali avtomatskem načinu delovanja. V sistem vodenja so bili vključeni optični, ultrazvočni in laserski senzorji za nadzor procesa montaže.
		<i>ANG</i> We have developed a control system for a commercially available hydraulic telescopic handler. The target application for the handler was a semiautomated assembly of facade panels produced by Trimo, Trebnje. A closed loop control approach was implemented, and algorithms were developed that enable handler usage in manual, semiautomatic and automatic mode of operation. For a supervision of assembly process the optical, ultrasound and laser sensors were incorporated into the control system.
	Objavljeno v	Elsevier Science Publishers; Automation in construction; 2010; Vol. 19, no. 7; str. 954-963; Impact Factor: 1.311; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.73; A': 1; WoS: FA, IM; Avtorji / Authors: Činkelj Justin, Kamnik Roman, Čepon Peter, Mihelj Matjaž, Munih Marko
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	10954324 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Nosljivi senzorni sistem za prepoznavanje hotene aktivnosti uporabnika bionske proteze
		<i>ANG</i> Wearable sensory system for voluntary activity recognition of bionic prosthesis user
	Opis	<i>SLO</i> Aktivne bionske proteze za spodnje ekstremitete z možnostjo generiranja dodatnih sil v sklepih omogočajo uporabniku izvajanje gibanja, ki ga uporaba pasivne proteze ne omogoča. Gibalni vzorec z uporabo bionske proteze je lahko bolj naraven, obremenitve sklepov in segmentov so manjše, tovrstna hoja je manj utrujajoča in manj nevarna. Problem pri uporabi bionske proteze je zagotavljanje primerne odziva na hoteno aktivnost uporabnika. Sistem CYBERLEGS vključuje bionsko protezo za osebe po transfemoralni amputaciji s kontroliranim delovanjem sklepa gležnja in kolena ter senzorni sistem in sistem vodenja s vsebovanim odzivom na hoteno aktivnost. Nosljivi senzorni sistem je zasnovan na osnovi brezžičnih inercijskih senzorjev nameščenih na segmentih telesa, sistem vodenja pa kot avtomat s končnimi stanji s prehodi, ki so proženi glede na razpoznane faze ali manevre gibanja. Razviti nosljivi kognitivni sistem je bil preizkušen v evalvacijski študiji. Preciznost delovanja je bila potrjena z analizo vzorca hoje in statističnimi rezultati uspešnosti prepoznavanja faz in manevrov. Funkcionalnost pristopa CYBERLEGS je bila demonstrirana s tem, da so osebe lahko hodile s protezo brez predhodne vadbe.
		Active bionic prostheses for lower extremities that generate the additional forces in joints enable the user to move in a way not possible with passive prosthesis. The motion pattern using bionic prosthesis is more natural, joint

	ANG	and segment loadings are lower, walking is less exhausting and dangerous. The problem with usage of bionic prosthesis is functional incorporation of user's voluntary activity. The CYBERLEGS system incorporates a bionic prosthesis for transfemoral amputees with controlled operation of ankle and knee joints, and the sensory and control systems which accounts for user's voluntary activity. The wearable sensory system is based on wireless inertial sensors placed on human body segments. The control system operates as finite-state controller with states triggered with respect to identified phases or motion maneuvers. The developed wearable cognitive system was evaluated in experimental study. The accuracy of performance was confirmed by gait pattern analysis and intention detection statistics. The subjects were able to walk with the prosthesis without training, demonstrating the functionality of the CYBERLEGS approach.
Objavljeno v		Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE robotics & automation magazine; 2014; Vol. 21, no. 4; str. 82-93; Impact Factor: 2.319; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.283; A': 1; WoS: AC, RB; Avtorji / Authors: Ambrožič Luka, Goršič Maja, Geeroms Joost, Flynn Louis, Lova Molino, Kamnik Roman, Munih Marko, Vitiello Nicola
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	10171220 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Tehnologija in uporaba navidezne resničnosti
		ANG Virtual reality technology and applications
	Opis	<p>Ko se navidezna resničnost širi iz domišljjskih svetov znanstvene fantastike in prežema vsak kotiček našega življenja, postaja vse pomembnejše, da študenti, raziskovalci in strokovnjaki razumejo številne raznolike vidike te tehnologije. Znanstvena monografija zajema celovit pregled teoretičnih in praktičnih vidikov navidezne resničnosti, od matematičnih in tehnoloških osnov navideznih svetov, do človeških dejavnikov in aplikacij, ki bogatijo naše življenje: medicina, zabava, izobraževanje in druge.</p> <p>Po kratkem uvodu v tematiko navidezne resničnosti, monografija opisuje kinematične in dinamične matematične modele navideznih svetov. Nadalje raziskuje različne načine za računalniško zaznavanje in interpretacijo človekovega gibanja. Sledi analiza modalnosti, ki tvorijo navidezni svet: vizualna, zvočna in haptična. Na osnovi teh znanj monografija obravnava interakcijo med človekom in navideznim okoljem, kot tudi pristope k načrtovanju takšnega navideznega okolja. Delo se zaključuje s pregledom različnih aplikacij, s poudarkom na obogateni resničnosti kot posebnem primeru. Vsebine predstavljene v monografiji se osredotočajo primarno na navidezno resničnost, hkrati pa so znanja uporabna tudi na številnih drugih področjih.</p> <p>V okviru programske skupine so pri založbi Springer bile izdane še naslednje knjige:</p> <p>BAJD, Tadej, MIHELJ, Matjaž, MUNIH, Marko. Introduction to robotics, Springer, Dordrecht, 2013.</p> <p>LENARČIČ, Jadran, BAJD, Tadej, STANIŠIČ, Michael M.. Robot</p>

		mechanisms, Springer, Drodrecht, 2013.
		BAJD, Tadej, MIHELJ, Matjaž, LENARČIČ, Jadran, STANOVNIK, Aleš, MUNIH, Marko. Robotics, Springer, Drodrecht, 2010.
	ANG	<p>As virtual reality expands from the imaginative worlds of science fiction and pervades every corner of everyday life, it becomes ever more important for students, researchers and professionals alike to understand the many varied aspects of this technology. This scientific monograph aims to provide a comprehensive guide to the theoretical and practical elements of virtual reality, from the mathematical and technological foundations of virtual worlds to the human factors and the applications that enrich our lives: medicine, entertainment, education and others.</p> <p>After providing a brief introduction to the topic, the book describes the kinematic and dynamic mathematical models of virtual worlds. It explores the many ways a computer can track and interpret human movement, then advances through the modalities that make up a virtual world: visual, acoustic and haptic. With these individual elements covered, the book explores the interaction between the human and a virtual environment as well as design principles of such a virtual environment. Finally, it concludes with an examination of different applications, with a focus on augmented reality as a special case. The knowledge is primarily imparted in a VR context, but is also relevant for many other fields.</p> <p>Additionally, in the framework of program group the following books have been published by Springer:</p> <p>BAJD, Tadej, MIHELJ, Matjaž, MUNIH, Marko. Introduction to robotics, Springer, Drodrecht, 2013.</p> <p>LENARČIČ, Jadran, BAJD, Tadej, STANIŠIĆ, Michael M.. Robot mechanisms, Springer, Drodrecht, 2013.</p> <p>BAJD, Tadej, MIHELJ, Matjaž, LENARČIČ, Jadran, STANOVNIK, Aleš, MUNIH, Marko. Robotics, Springer, Drodrecht, 2010.</p>
	Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
	Objavljeno v	Springer; 2013; X, 231 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Mihelj Matjaž, Novak Domen, Beguš Samo
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
2.	COBISS ID	1812329 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Naprava za urjenje vstajanja
		ANG Aufstehtrainer
	Opis	SLO Pomemben del rehabilitacijske obravnave pri osebah z gibalnimi oviranostmi je urjenje procesa vstajanja iz sedečega v vzravnani stoječi položaj. Omenjeni proces je morda najzahtevnejši del vadbe ponovnega učenja gibanja, saj zahteva dinamično in usklajeno gibanje trupa ter obeh spodnjih ekstremitet. V klinični praksi in na trgu obstajajo različni aparati za urjenje vstajanja, ki pa omogočajo urjenje vstajanje, ki je kvazistatično in kjer se kinematika, kinetika in elektromiografija najpomembnejših mišic pomembno razlikujejo od "normalnega" vstajanja. Zasnovali in izdelali smo prototip naprave za urjenje vstajanja, katerega glavni del je izviren mehanizem, ki v veliki meri posnema pravilno kinematiko vstajanja in katerega pogonja en sam motor. Nemški patentni urad je za opisano napravo za urjenje vstajanja podelil patent. Nemško podjetje medica Medizintechnik GmbH pa je odkupilo patentne pravice in namerava v roku

		dveh let na tržišče plasirati proizvod, ki temelji na podeljenem patentu.
	ANG	An important part of rehabilitation treatment in people with movement disabilities is training of sit-to-stand, which may be considered as the most demanding part of the overall movement training because it requires dynamic and well coordinated movement of the trunk on the lower extremities. Several devices for training sit-to-stand movement exist on the market and in the clinical practice; however, the movement in these devices is quasistatic where the kinematics, kinetics and electromyography of the main muscles considerably differ from "normal" sit-to-stand maneuver. We have conceived and developed a prototype of a sit-to-stand trainer where the main part represents an innovative mechanism which to the largest extent resembles natural sit-to-stand kinematics and is driven by a single motor. German patent office has granted a patent for the described device and the German company Medica Medizintechnik GmbH has bought patent rights and intends to market a device in the next two years.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	Deutsches Patent- und Markenamt; 2013; 11 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Oblak Jakob, Matjačić Zlatko
	Tipologija	2.24 Patent
3.	COBISS ID	1003369 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Univerzalni haptični pogon
		ANG Universal haptic drive system
	Opis	SLO Razvili smo izviren haptični sistem, ki odvisno od mehanske konfiguracije omogoča urjenje vseh aspektov kompleksnega gibanja zgornje ekstremitete. Mednarodna patentna prijava temelji na izvirni paralelni kinematični zgradbi mehanizma, ki z enostavnim zaklepanjem/odklepanjem posameznih sklepov omogoča osem različnih načinov urjenja funkcionalnih gibov roke in zapestja. Izvirna kinematična zgradba mehanizma tudi omogoča uporabo pogonov z dodano serijsko elastičnostjo, kar ima pomembne prednosti pri poenostavitvi vodenja haptične interakcije med človekom in strojem.
		ANG We have developed an original haptic system that depending on the mechanical configuration offers training of all the aspects of movement of the upper extremity. International patent application is based on parallel kinematic structure that enables eight different training modalities of functional movement of shoulder, elbow and wrist by means of locking/unlocking various mechanical joints. Innovative kinematical structure also enables use of actuation that incorporates serial elastic elements which has implications on control system governing haptic interaction between man and machine.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	Carprinter Lopez, Francisco; 2010; Avtorji / Authors: Matjačić Zlatko, Cikajlo Imre, Oblak Jakob
	Tipologija	2.23 Patentna prijava
4.	COBISS ID	7953492 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Mednarodna nagrada »The 2010 EUROP/EURON Robotics Technology Transfer Award«
		ANG International award »The 2010 EUROP/EURON Robotics Technology Transfer Award«
		Robotski sistem za avtomatizacijo montaže fasadnih panelov v gradbeništvu, razvit v okviru projekta "TRIMO Development of E

Opis	SLO	Technology of Assembly", je bil uvrščen med finaliste za nagrado "Technology Transfer Award", ki jo skupaj razpisujeta evropska platforma robotske industrije EUROP in združenje robotskih raziskovalnih organizacij EURON. Po predstavitvi v San Sebastianu, Španija, 11. marca 2010, je projekt za dosežke pri prenosu znanja v industrijo v zavidljivi konkurenci prejel tretjo nagrado.	
	ANG	A robotic system, developed in a framework of "TRIMO Development of E Technology of Assembly" for automatic assembly of facade panels in construction, was qualified as a finalist for "Technology Transfer Award" jointly given by EUROP the European Robotics Technology Platform and EURON European Robotics research Network. After presentation in San Sebastian, Spain, on 11th March 2010 the project was given a third prize as outstanding example of technology transfer in robot technology and automation to industry.	
Šifra	E.02 Mednarodne nagrade		
Objavljeno v	Elsevier Science Publishers; Automation in construction; 2010; Vol. 19, no. 7; str. 954-963; Impact Factor: 1.311; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.73; A': 1; WoS: FA, IM; Avtorji / Authors: Činkelj Justin, Kamnik Roman, Čepon Peter, Mihelj Matjaž, Munih Marko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	6781524	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Brezkontaktno merjenje razdalje v industrijskem okolju	
	ANG	Contactless dimensional measurements in industrial environment	
Opis	SLO	Problematika brušenja odlitkov iz sive litine je zahtevala predhodno dimenzijsko merjenje vsakega ulitka pred njegovo obdelavo, s čimer smo ulitku prilagodili trajektorijo gibanja obdelovalnega robota. Izdelan merilni sistem sestoji iz robota in brezkontaktnega laserskega merilnika razdalje. Sistem je zagotovil hitre in točne meritve ter posledično odlično končno obdelavo ulitkov.	
	ANG	A system for noncontact dimensional measurement of a gray iron grate by use of a laser dot triangulation displacement sensor and an industrial SCARA robot was developed. To determine the accuracy of the robot measurement system, a number of comparative measurements were performed. The results show that dimensional measurements are sufficient for robot deburring of gray-iron grates.	
Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije		
Objavljeno v	Pergamon; Robotics and computer-integrated manufacturing; 2009; Vol. 25, no. 1; str. 155-167; Impact Factor: 1.687; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.067; A': 1; WoS: EV, IK, RB; Avtorji / Authors: Rejc Jure, Činkelj Justin, Munih Marko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine^Z

Razvoj sistema za dvoročno vadbo BiMeo in ustanovitev podjetja

BiMeo je rehabilitacijski sistem namenjen pacientom pri rehabilitaciji po različnih boleznih in poškodbah gibalnega sistema. Pacienti lahko sami brez prisotnosti terapevta s pomočjo zdravega uda izvajajo rehabilitacijo obolelega oz. poškodovanega uda. BiMeo omogoča koncept vadbe, kjer je "pacient sam svoj terapevt", na način, da izkorišča preostale motorične sposobnosti za vadbo prizadetih okončin. BiMeo je inovacija v svetovnem merilu, kar potrjuje tudi poizvedbeno poročilo mednarodne patentne prijave, ki je pozitivno tako glede inovativnosti

kot tudi patentabilnosti. Poslovno idejo nameravamo razvijati v okviru spinoff podjetja Kinestica, ki je bilo ustanovljeno v z ačetku leta 2012. Uspešno je bil izveden prenos intelektualne lastnine iz Univerze v Ljubljani na podjetje. Podpisana je bila pogodba o odkupu intelektualne lastnine, slovenskega patenta in mednarodne PCT patentne prijave. Vložene so bile patentne prijave v ZDA, na Japonskem, Kitajskem ter skupen evropski patent.

Za sistem BiMeo so bile v preteklem letu podeljane nagrade in priznanja:

- Priznanje za najbolj inovativen projekt na mednarodni konferenci za prenos tehnologij (5th ITTC).
- Izbor za najboljšo inovacijo Univerze v Ljubljani Rektorjeva nagrada za leto 2012 (drugo mesto).
- Četrta najbolj ocenjena inovacija izmed 120 na Slovenskem forumu inovacij na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani.
- Izbor za pilotni projekt razpisa FIDES, ki ga je organizirala TIA.

9.Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1.Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Industrija in zdravstvo, vključno z rehabilitacijo zahtevajo inovacije, napredne visokotehnološke rešitve, prenos pristopov z drugih področij in sinergijo učinkovitih rešitev. Ljubljanska rehabilitacijska inženirska skupina tradicionalno deluje na področju rehabilitacijskih tehnologij z raziskavami med univerzo, kliničnim okoljem in industrijo. Tak inkubator je rasel petdeset let, in ima za posledico novo znanje ter prenos dosežkov raziskav v nove izdelke in nove metode. To pomembno primerjalno prednost želimo ohraniti v primerjavi z nekaterimi drugimi raziskovalnimi središči v EU.

Ena najpomembnejših značilnosti programske skupine je večje financiranje iz drugih virov, kot so ARRS in ostali državni viri, drugi viri so predvsem evropski in industrijski projekti. Posledično je prepoznaven odločujoč vpliv teh vsebin tudi na izvajanje raziskovalnega programa. Dolgoletna zaželenost v FP5, FP6, FP7 in sedaj H2020 je vedno znova dokaz tesne vpetosti v aktualni mednarodni razvoj znanosti. Tudi uspešno sledenje zahtevam industrijskih partnerjev ter prenosi tehnologij demonstrirajo nivo skupine. V preteklem obdobju smo se izkazali v znanstvenih objavah in patentih pa tudi z objavo kar petih knjig pri eminentni založbi Springer.

Naša glavna dejavnost je fokusirana v najbolj napredne tehnologije, v razvoj na področjih rehabilitacije in industrije, v klinično vrednotenje sodobnih mehatronskih tehnologij za diagnosticiranje in učenje funkcionalnih gibov. Pozornost je usmerjena na naprave in pristope, v odpiranje novih možnosti, prijaznih za uporabnika in za vsakodnevno uporabo.

Program raziskav »Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju« je skladen z dvema pomembnima programskima sklopoma v H2020. V sklopu „Industrial leadership“ zajema ICT celotno področje „Robotics“ industrijsko in servisno robotiko, to je skladno tudi z našim interdisciplinarnim delom izhajajoč iz FP6 in FP7: robotika za rehabilitacijo in pomoč. Drugi sklop „Societal challenges“ znotraj „Personalising health and care“ direktno pokriva naše usmeritve: merjenja in robote za spremljanje zdravja ter v pomoč starejšim z namenom ostati aktiven in zdrav.

Aktualnost naše dejavnosti se kaže v članstvu v Public Private Partnership (PPP) platformi euRobotics. MultiAnnual Roadmap (MAR) in Strategic Research Agenda (SRA) dokumenta te skupine sta direktna osnova za vsebino razpisov H2020 ICT23 2014 in ICT24 2015.

Naše vodilne raziskave so povezane z najbolj uglednimi skupinami v EU in v osnovi

multidisciplinarne. Obsegajo sodelovanje z industrijskim kot tudi kliničnim okoljem, slovenskim in EU partnerstvom.

ANG

The industry and the health services, including rehabilitation, require innovative high-tech solutions, direct transfer of successful approaches from other fields and a synergy of effective methods. The Ljubljana rehabilitation engineering team has traditionally maintained a strong connection between the university, clinics and industry in the field of rehabilitation technology. This incubator has been developing for the last fifty years and has resulted in new basic knowledge, as well as the application of this knowledge to new products and methods. In the future, we wish to maintain this advantage over other research centers around the EU.

One of the program group's most important characteristics is larger financing from sources, other than Slovenian national funds. The most important financing sources are European and industrial projects, having this way strong influence on the direction of our research program. Our long-lasting participation in FP5, FP6, FP7 and now H2020 has demonstrated our excellent standing in the international scientific community. Furthermore, we have successfully met the needs of our industrial partners and transferred technology into practice. In the last period, we successfully published numerous scientific papers, obtained several patents and published five books at the acclaimed publisher Springer.

Our main focus is on cutting edge technologies, development in rehabilitation and industrial applications, and clinical assessment of modern mechatronic technologies for diagnosis and training of functional movements. Our attention will be focused on new devices and methods that are user friendly and suitable for everyday use.

The topics of the research program »Analysis and synthesis of human and machine motion« are explicitly mentioned in two core themes or 'pillars' of H2020 programmes. Within core theme „Industrial leadership“, one of the ICT areas is „Robotics“, covering industrial and service robotics. This is in accordance with our interdisciplinary work developed within F6 and FP7, rehabilitation and assistive robotics. Second core theme „Societal challenges“, within „Personalizing health and care“ directly mentions our activities: measurements and robots to monitor health and to support older persons to remain active and healthy.

The relevance of our activities is evident through our membership in the Public Private Partnership (PPP) platform euRobotics. The MultiAnnual Roadmap (MAR) and Strategic Research Agenda (SRA) documents of this group are direct source for the content of the H2020 ICT23 2014 and ICT24 2015 calls.

Our advanced research is fundamentally multidisciplinary and connected with the most prominent groups in the EU. It comprises cooperation with both industrial and clinical partners as well as with both Slovenian and European partnership.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Neposredni pomen programa

Skupina goji dolgoletno tradicijo kvalitetnih raziskav, prenosa izdelkov v industrijsko in rehabilitacijsko okolje. Trenutne raziskave v skupini so vpete v mednarodni raziskovalni prostor, dobivajo odmev v recenziranih mednarodnih publikacijah, mednarodnih industrijskih povezavah in projektih.

Naši ključni industrijski partnerji Eta, Motoman, ABB in Optotek so slovenska podjetja, ki večji del dohodka ustvarijo na tujem trgu. Poleg tega smo uspeli zgraditi tudi mrežo povezav s tujimi podjetji, ki so pripravljena vlagati v razvoj slovenskih »startup« podjetij. Tako podjetja koristijo naše znanje in ga preko specifičnih raziskovalnih dosežkov vgrajujejo v svoje proizvode, postopke in storitve, kar prispeva k višji kvaliteti, manjšemu izmetu, višji produktivnosti in s tem k neposrednim finančnim učinkom. Na ta način neposredno in posredno podpiramo ekonomski razvoj države ter razvoj naprednih tehnologij in orodij medicinske rehabilitacije.

Novi raziskovalno-razvojni program Evropske unije »Horizont 2020« kot eno izmed prioritetenih področij v sklopu informacijsko-komunikacijskih tehnologij navaja robotiko, ki je pomembna za nadaljnji razvoj članic tako z ekonomskega vidika kot tudi z vidika velikih družbenih sprememb, katere pogojuje starajoče se prebivalstvo. Tako se predvideva, da bo v prihodnosti nastal nov trg servisnih robotov za profesionalno in domačo uporabo, kjer pomembno mesto zasedata področji podpornih tehnologij za gibalno ovirane osebe ter medicinske naprave za urjenje gibanja. Pri tem je pomembno, da bo morala bodoča robotska tehnologija imeti sposobnost učenja in prilagajanja uporabniku, kar je tudi ena od rdečih niti našega raziskovalnega programa.

Posredni pomen za družbo

Pomen programa raziskovalne skupine se kaže na različnih nivojih. Naša dejavnost je priznana in se mednarodno kali skozi FP4 FP7 projekte in s sodelovanjem z industrijo, hkrati prenašamo izkušnje v domače okolje na dodiplomske in podiplomske študente oziroma študijske programe, partnerske institucije in industrijske partnerje.

Študijski program Robotika na Fakulteti za elektrotehniko, UL nudi široko paleto znanj in omogoča individualni ter skupinski študij. Kvaliteto zagotavljamo z mednarodnim prepričanjem ter obojestransko mobilnostjo študentov in akademskega osebja z najbolj eminentnimi institucijami. Naši diplomanti in doktorandi so iskani v domačih podjetjih in dobrodošli v tujini. Posredni pomen za družbo se izkazuje tudi skozi popularizacijske aktivnosti za mlade, npr. študentske delavnice industrijske robotike DIR, dneve elektrotehnike v Bistri, poletne šole ter organizacijo mednarodnih konferenc doma in sodelovanjem pri organizaciji v tujini.

ANG

Direct relevance of the program

The group cultivates a long tradition of high quality research, the transfer of products in the industrial and rehabilitation environment. The current research activities of the group are tied to the international research environment, receiving positive feedback in peer reviewed international publications, industrial relations and international projects.

Our key Slovenian industrial partners Eta, Motoman, ABB and Optotek create most of its income on foreign markets. We have also succeeded to build up a network of links with foreign companies willing to invest in the development of Slovenian "startup" companies. Companies can thus benefit from our expertise and research achievements and can built our knowledge into their products, methodologies and services, which contributes to higher quality, higher productivity and thus to direct financial impact. In the period ahead we intend to work in same manner, thereby directly and indirectly support the economic development of our country and the development of advanced technologies and tools for medical rehabilitation.

The new R&D program of the European Union "Horizon 2020" lists Robotics as one of the priority areas within the information and communication technologies, which is important for the future development of EU member states in terms of economic development and in terms of significant social changes due to the aging population. Thus, it is anticipated that in the future a new market of service robots for industrial and domestic use will arise, where important areas are assistive technologies for persons with physical disabilities and medical devices for training of movements. It is important to note, that a future robotic technologies will have to have the ability to learn and to adapt to the user, which is also one of the key focuses of this program.

Indirect relevance of the program

Significance of the program of the research group is demonstrated at different levels. Our activity is internationally recognized and demonstrated through FP4-FP7 projects and in cooperation with industry and at the same time we transfer experiences in the local environment to undergraduate and graduate students attending our study programs, partner institutions, and industry partners.

The study program Robotics at the Faculty of Electrical Engineering, UL offers a wide range of

knowledge and facilitates individual and group study. Quality is ensured through international collaboration and two way mobility of students and academic staff with renowned institutions. Our graduates and doctoral degree graduates are sought in domestic companies and welcomed abroad.

Indirect relevance for society is also shown through the popularization activities for young people, e.g. student industrial robotics workshops DIR, the Days of Electrical Engineering in Bistra, summer schools, and the organization of international conferences in Slovenia and involvement in the organization abroad.

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	9
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	49

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
28857	Peter Čepon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
25602	Miha Vrhovec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25410	David Jurman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25411	Janez Podobnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20290	Peter Uršič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29525	Blaž Hajdinjak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27523	Tomaž Koritnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28197	Jernej Perdan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Blaž Zupan	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26224	Justin Činkelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28421	Jakob Oblak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28460	Aleš Hribar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31372	Domen Novak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Robert Logar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Borut Povše	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30688	Jaka Ziherl	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31980	Matic Trlep	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32077	Matjaž Zdravec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33168	Tadej Beravs	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35096	Tomaž Černe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
25602	Miha Vrhovec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
25410	David Jurman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
25411	Janez Podobnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
20290	Peter Uršič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29525	Blaž Hajdinjak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	C - Gospodarstvo
27523	Tomaž Koritnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28197	Jernej Perdan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28421	Jakob Oblak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
28460	Aleš Hribar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
31372	Domen Novak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
30688	Jaka Ziherl	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
31980	Matic Trlep	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
32077	Matjaž Zadavec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
33168	Tadej Beravs	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
35096	Tomaž Černe	<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
27523	Tomaž Koritnik	A - raziskovalec/strokovnjak	54
28197	Jernej Perdan	A - raziskovalec/strokovnjak	54
0	Borut Povše	A - raziskovalec/strokovnjak	54
0	Wang Zhiqiang	C - študent - doktorand	12
35096	Tomaž Černe	A - raziskovalec/strokovnjak	54
35441	Klemen Žbontar	A - raziskovalec/strokovnjak	4
34890	Andrej Krpič	A - raziskovalec/strokovnjak	4
0	Aleksander Konig	C - študent - doktorand	2
25602	Miha Vrhovec	A - raziskovalec/strokovnjak	12

0	Arturo Bertomeo Motos	C - študent – doktorand	6	
---	-----------------------	-------------------------	---	--

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

Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije

MIMICS Multimodal immersive motion rehabilitation with interactive cognitive systems, FP7ICT20071, 20082010.

Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Marko Munih.

Evryon Evolving morphologies for humanrobot symbiotic interaction, FP7ICT20095, Grant. No. 231451, 20092012.

Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Marko Munih.

Caretoy: Information and Communication Technologies Collaborative Project, A Modular Smart System for Infants Rehabilitation At Home based on Mechatronic Toys, FP7ICT20117, Grant Agreement Number 287932, 20112014.

Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Marko Munih.

CYBERLEGS: Information and Communication Technologies Collaborative Project, The CYBERnetic LowErLimb CoGnitive Orthoprosthesis FP7ICT20117, Grant Agreement Number 287894, 20122015.

Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Marko Munih.

HUTON: TEMPUS Joint project, Assisting humans with special needs: curriculum for HUmanTOol interaction Network, TEMPUS 530510-TEMPUS-1-2012-1-2012-1-RS-TEMPUS-JPCR, Grant Agreement Number 2012-3011, 2012-2015.

Vodja/coordinator projekta v Sloveniji: Marko Munih.

CORBYS Cognitive Control Framework for Robotic Systems, EU 7FP ICT-2009-6, Large scale Integrated Project, Grant agreement Number 270219, 1. 2. 2011 – 31. 1. 2015.

Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Zlatko Matjačič.

BALANCE Balance Augmentation in Locomotion, through Anticipative, Natural and Cooperative control of Exoskeletons, EU 7FP 20119, Grant agreement number 601003, 1. 1. 2013 – 28. 2. 2017.

Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Zlatko Matjačič.

COST Action TD1006 - European Network on Robotics for NeuroRehabilitation
4. 4. 2011 - 3. 4. 2015

Vključevanje v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe

Universal haptic drive mednarodni projekt s fundacijo FATRONIK, San Sebastian, Španija.
Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Zlatko Matjačič.

EURON The European Robotics Research Network, članstvo Laboratorij za robotiko. euRobotics Robotics Public Private Partnership (PPP), 2014, članstvo UL Fakulteta za elektrotehniko.

Kontaktna oseba projekta v Sloveniji: Marko Munih.

Razvoj naprednih algoritmov vodenja za robotsko napravo za vadbo vstajanja
Znanstvenoraziskovalno sodelovanje med Republiko Slovenijo in Republiko Kitajsko za
obdobje 2011/2013, projekt številka BICN/1113021.
Vodja/koordinator projekta v Sloveniji: Roman Kamnik.

Elliptical trainer, mednarodni projekt s podjetjem medica Medizintechnik GmbH, Nemčija.
Vodja/koordinator projekta v Sloveniji na URI Soča: Zlatko Matjačić.

Sit-to-stand trainer mednarodni projekt s podjetjem medica Medizintechnik GmbH in
slovenskim podjetjem Rehing, Jakob Oblak s.p., 1. 4. 2012 – 31. 3. 2013,
Vodja/koordinator projekta v Sloveniji na URI Soča: Zlatko Matjačić.

Drugo mednarodno sodelovanje

Izvajanje predmetov Robot Dynamics (zimski semestra 2013/14 in 2014/15, program
Engineering & IT, smeri System Design in Systems Engineering) in Robotics and Prosthetics in
Medicine (zimski semester 2014/15, program Engineering & IT, smeri Health Care IT in Medical
Engineering) na Carinthia University of Applied Sciences. Nosilec: Roman Kamnik.

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

SLO

TRIMO d.d., Trebnje, »RAZVOJ E-TEHNOLOGIJE MONTAŽE«, Anex 1, raziskava vodenja 6DOF
dvigala, 9.1.2009 do 31.7.2009. Vodja: Marko Munih

Eta Cerklno, Ventilatorski grelec, Študija izvedljivosti faz pri avtomatizaciji sestavljanja, faza 1,
1. 1. 2009 do 30. 04. 2009. Vodja: Marko Munih

Eta Cerklno, Ventilatorski grelec, Študija izvedljivosti faz pri avtomatizaciji sestavljanja, faza 2,
1. 1. 2009 do 30. 04. 2009. Vodja: Marko Munih

Eta Cerklno, Vstavljanje spiral v vlagalni model, Korak 1, 1. 12. 2008 do 30. 04. 2009. Vodja:
Marko Munih

Eta Cerklno, Vstavljanje spiral v vlagalni model, Korak 2, 1. 12. 2008 do 30. 04. 2009. Vodja:
Marko Munih

Eta Cerklno, Vstavljanje spiral v vlagalni model, Korak 3, 1. 12. 2008 do 30. 04. 2009. Vodja:
Marko Munih

Eta, Cerklno, Protektor, Merilni sistem za novi protektor, 25. 10. 2010 do 15. 04. 2011. Vodja:
Marko Munih

Eta, Cerklno, Razvoj ključnih komponent nove - "high efficiency" - generacije okolju prijaznih
alternatorjev na osnovi inovativnih tehnologij (RIP 09/26), 1. 1. 2010 do 31. 08. 2010. Vodja:
Marko Munih

DAX, Trbovlje, Optimizacija ocenjevanja sil in momentov med trkom robota in človeka pri
sodelovanju v industrijskih procesih, 3. 5. 2010 do 30. 09. 2010. Vodja: Marko Munih

Eta, Cerklno, Kontrola katetrov, 20.3.2012 do 30.06.2013. Vodja: Marko Munih.

Eta, Cerklno, Ugotavljanje prisotnosti kontaktov, 7.11.2012 do 31.05.2013. Vodja: Marko
Munih.

Optotek, Ljubljana, Študija izvedljivosti robotizacije delovnega mesta za justažo laserskih
izvorov, 29.3.2013-15.12.2013. Vodja: Matjaž Mihelj.

Aviat, Trzin, Usmerjanje anten v malih celičnih omrežjih pri gradnji 4G mobilnih celičnih omrežij v urbanem okolju, 31.1.2013-31.3.2014, Vodja: Marko Munih

Kompetenčni center »Biomedicinska tehnika« (KCBME), Kompetenčni centri – ESRR0713EU, 1. 1. 2011 – 31. 3. 2014, koordinator: Zavod LAHA, Akademija za laserje in zdravje, koordinator na URI Soča: Imre Cikajlo.

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

Robotsko dvigalo

Robotski sistem za avtomatizacijo montaže fasadnih panelov v gradbeništvu je na tekmovanju "EUROP/EURON Technology Transfer Award" v zavidljivi konkurenci prejel tretjo nagrado. Nadaljnji razvoj sistema je prekinila gospodarska kriza. Prototipna izvedba sistema pa se uporablja za montažo stropnih panelov v podjetju Trimo d.d.

Nosljivi senzorji

Nosljivi sistem na osnovi inercialnih senzorjev omogoča merjenje kinematike gibanja. Miniaturna izvedba in brezžična komunikacija omogočata uporabo na različnih področjih (analiza gibanja, industrijske aplikacije). Sistem je vgrajen v BiMeo napravo, simulator veslanja in senzor spastičnosti, uporablja se tudi v treh projektih 7. okvirnega programa EU.

BiMeo sistem

BiMeo naprava je namenjena pacientom za rehabilitacijo po boleznih in poškodbah gibalnega sistema. Pacienti brez prisotnosti terapevta s pomočjo zdravega uda izvajajo rehabilitacijo prizadete okončine. Sistem je prejel več nagrad za inovativnost in bil uspešno preizkušen v kliničnih raziskavah na URI Soča. Izveden je bil prenos intelektualne lastnine z Univerze v Ljubljani na podjetje Kinestica d.o.o.

Robot za vstajanje

Proces vstajanja je del vadbe ponovnega učenja gibanja, ki zahteva dinamično in usklajeno gibanje trupa ter obeh spodnjih okončin. Izdelali smo napravo za urjenje vstajanja, katere glavni del je izviren mehanizem, ki posnema pravilno kinematiko vstajanja. Nemški patentni urad je za napravo podelil patent. Podjetje medica Medizintechnik GmbH je odkupilo patentne pravice in namerava v dveh letih izdelati proizvod.

Robot za roko

Robot, ki omogoča urjenje vseh elementov gibanja zgornje okončine, predstavlja pomembno novost na področju rehabilitacije. Mednarodni patent ščiti izvirno paralelno kinematično zgradbo mehanizma, ki z enostavnim zaklepanjem posameznih sklepov omogoča osem različnih načinov urjenja funkcionalnih gibov roke in zapestja. Sistem ima velik tržni potencial.

Diastati in protektorji

Vpeljava vodenja polnjenja termostatskih sistemov z oljem je podjetju ETA Cerklje prinesla znižanje stroškov proizvodnje za 150 k€/leto. Manj je izmeta, krajše so kovinske cevke čutila in avtomatizirana je ročna metoda (čas izdelave iz 2 dni na 100 s). Za podjetje ETA Cerklje je bil izveden projekt, kjer se s pomočjo strojnega vida in robota izvaja kontrola in varjenje elementa »protektor«.

Laserske tehnologije

Sistem za precizno merjenje pozicije površine različnih tipov materialov preko laserske triangulacije z dinamično projekcijo simetričnega vzorca v svoje naprave za lasersko strukturiranje za hitro in precizno izdelavo prototipov vgrajuje podjetje LPKF d.o.o. Metoda omogoča merjenje prosojnih materialov, ki predstavljajo največjo omejitev za komercialne laserske triangulacijske senzorje. Z uporabo nove metode je podjetje pridobilo pomembno konkurenčno prednost. Za podjetji Optotek in LPKF smo analizirali možnosti uporabe robotov v proizvodnji nove generacije laserjev za industrijo in oftalmologijo.

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	250.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	<p>Na podlagi doseženih rezultatov in dobrega sodelovanja se je nemško podjetje medica Medizintechnik GmbH odločilo, da v skupaj z Dr. Oblakom, ki je bil naš mladi raziskovalec, ustanovi v Sloveniji podjetje, ki bo v sodelovanju z URI Soča izvajalo razvoj in testiranje prototipov novih rehabilitacijskih naprav. Opremo in tehnološki knowhow bo skupnemu podjetju zagotovilo podjetje medica Medizintechnik GmbH.</p> <p>Raziskovalni rezultati Laboratorija za robotiko v okviru programa so vodili v ustanovitev spinoff podjetja Kinestica. Projekt Kinestice, ki je najdlje v fazi razvoja primerni za predstavitev na trg, je BiMeo rehabilitacijski sistem. Sistem je prejel več nagrad za inovativnost in bil uspešno preizkušen na kliničnih raziskavah na URI Soča. Ocenjujemo, da bi bil v prvih dveh letih za pospešitev proizvodnje in trženja ter uspešnega vstopa na trg, potreben finančni vložek 150.000 €. Vsa potrebna oprema in infrastruktura za nadaljnji razvoj sta na voljo v Laboratoriju za robotiko.</p>

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Nosljivi senzorni sistem za prepoznavanje hotene aktivnosti uporabnika bionske proteze

Sistem CYBERLEGS vključuje bionsko protezo za osebe po transfemoralni amputaciji s kontroliranim delovanjem sklepa gležnja in kolena ter senzorni sistem in sistem vodenja s vsebovanim odzivom na hoteno aktivnost.

Nosljivi senzorni sistem je zasnovan na osnovi brezžičnih inercijskih senzorjev nameščenih na segmentih telesa, sistem vodenja pa kot avtomat s končnimi stanji s prehodi, ki so proženi glede na razpoznane faze ali manevre gibanja. Razviti nosljivi kognitivni sistem je bil preizkušen v evalvacijski študiji. Preciznost delovanja je bila potrjena z analizo vzorca hoje in statističnimi rezultati uspešnosti prepoznavanja faz in manevrov.

Funkcionalnost pristopa CYBERLEGS je bila demonstrirana s tem, da so osebe lahko hodile s protezo brez predhodne vadbe.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V letu 2014 je Laboratorij za robotiko skupaj s študenti vodil organizacijo sedme robotske delavnice »DIR2014« na Fakulteti za Elektrotehniko, UL, kot sodelovanje med robotskimi proizvajalci Yaskawa, ABB, Fanuc, Kuka, Stäubli (Domel), Epson(DAX), Mitsubishi (Inea) in slovenskimi študenti na UL.

Delavnica je najprej obsegala predavanja: Uvod v robotiko, Uvajanje robotov v Plastica Skaza, Uporaba robotov v LTH Ulitki in Roboti v Hella Saturnus, kot tudi o tekmovanju v programiranju robotov Robot Challenge. Ekipa je pripravila zanimive nove aplikacije Robotsko lovljenje žoge, Graviranje v čokolado, Vodenje žoge po labirintu, Kuka wire loop, Vafliji a la robot, Kuka youbot labirint, Robo hokej, Robot ponudi osvežilno pijačo in Robot in tekoči trak. V tekmovanju Robot Challenge so ekipe en teden pred DIR dobile naloge, na voljo je bilo 7 dni za pripravo najboljše robotske simulacije.

Ves pisni material delavnice je bil tudi tokrat zbran v posebni izdaji revije Avtomatika, št. 122, 2014.

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
elektrotehniko

Marko Munih

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

9.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/64

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

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

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov

objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložnost/-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
2F-55-24-E2-3F-60-2D-8E-FA-11-E0-72-C0-7D-08-F3-E6-33-99-E4

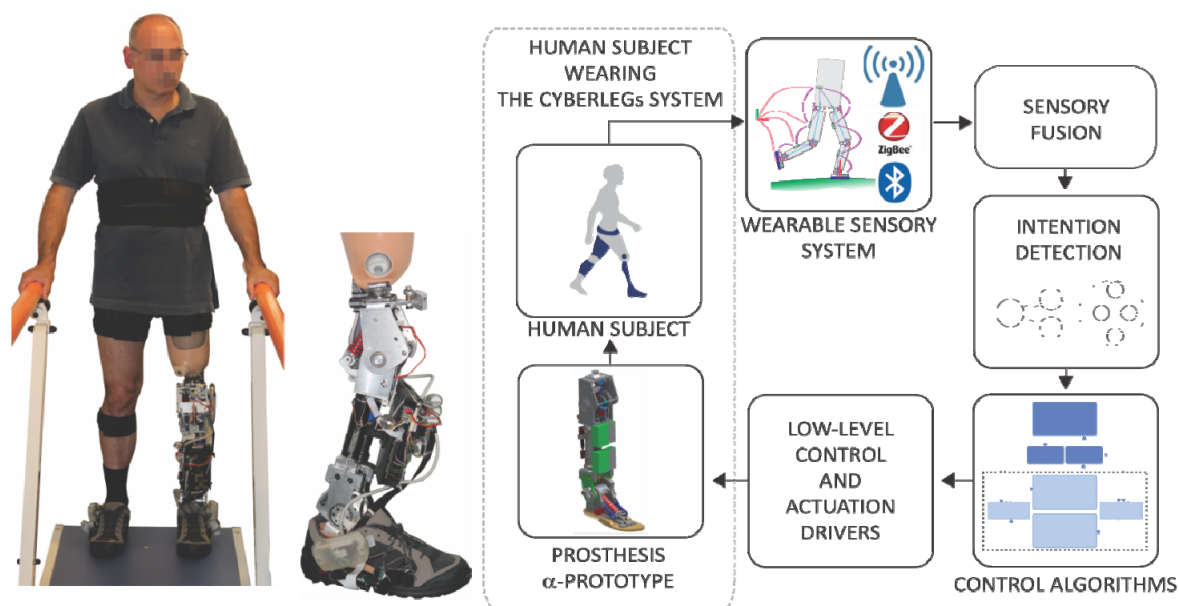
Priloga 1

VEDA: TEHNIKA

Področje: 2.06 Sistemi in kibernetika

Dosežek: CYBERLEGS – Nosljivi senzorni sistem za prepoznavanje hotene aktivnosti uporabnika bionske proteze

Vir: AMBROŽIČ, Luka, GORŠIČ, Maja, GEEROMS, Joost, FLYNN, Louis, LOVA, Molino, KAMNIK, Roman, MUNIH, Marko, VITIELLO, Nicola. Cyberlegs: a user-oriented robotic transfemoral prosthesis with whole-body awareness control. IEEE Robotics & Automation Magazine, ISSN 1070-9932, Dec. 2014, vol. 21, no. 4, str. 82-93.



Aktivne bionske proteze za spodnje ekstremitete z možnostjo generiranja dodatnih sil v sklepih omogočajo uporabniku izvajanje gibanja, ki ga uporaba pasivne proteze ne omogoča. Gibalni vzorec z uporabo bionske proteze je lahko bolj naraven, obremenitve sklepov in segmentov so manjše, tovrstna hoja je manj utrujajoča in manj nevarna. Problem pri uporabi bionske proteze je zagotavljanje primerne odziva na hoteno aktivnost uporabnika.

Sistem CYBERLEGS vključuje bionsko protezo za osebe po transfemoralni amputaciji s kontroliranim delovanjem sklepa gležnja in kolena ter senzorni sistem in sistem vodenja s vsebovanim odzivom na hoteno aktivnost. Nosljivi senzorni sistem je zasnovan na osnovi brezžičnih inercijskih senzorjev nameščenih na segmentih telesa, sistem vodenja pa kot avtomat s končnimi stanji s prehodi, ki so proženi glede na razpoznane faze ali manevre gibanja. Razviti nosljivi kognitivni sistem je bil preizkušen v evalvacijski študiji. Preciznost delovanja je bila potrjena z analizo vzorca hoje in statističnimi rezultati uspešnosti prepoznavanja faz in manevrov. Funkcionalnost pristopa CYBERLEGS je bila demonstrirana s tem, da so osebe lahko hodile s protezo brez predhodne vadbe.

Priloga 2

VEDA: TEHNIKA

Področje: 2.06 Sistemi in kibernetika

Dosežek: Dnevi industrijske robotike 2014

Vir: posebna izdaja Avtomatika, št. 122, 2014

**Po varjenju avtomobila
spečeta še palačinke.**

**DNEVI
INDUSTRIJSKE
ROBOTIKE 2014**

31. MAREC - 4. APRIL 2014

WWW.DNEVIROBOTIKE.SI

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Dnevi industrijske robotike predstavljajo tradicionalno vsakoletno srečanje med robotskimi proizvajalci Yaskawa, ABB, Fanuc, Kuka, Stäubli (Domel), Epson(DAX) in študenti UL in UM. V letu 2014 je Laboratorij za robotiko skupaj s študenti vodil organizacijo sedme robotske delavnice »DIR2014« na Fakulteti za Elektrotehniko, UL, kot sodelovanje med robotskimi proizvajalci Yaskawa, ABB, Fanuc, Kuka, Stäubli (Domel), Epson(DAX), Mitsubishi (Inea) in slovenskimi študenti na UL in širše. Delavnica je najprej obsegala predavanja: Uvod v robotiko, Uvajanje robotov v Plastika Skaza, Uporaba robotov v LTH Ulitki in Roboti v Hella Saturnus, kot tudi o tekmovanju v programiranju robotov Robot Challenge. Ekipa je pripravila zanimive nove aplikacije Robotsko lovljenje žoge, Graviranje v čokolado, Vodenje žoge po labirintu, Kuka wire loop, Vafliji a la robot, Kuka youbot labirint, Robo hokej, Robot ponudi osvežilno pijačo in Robot in tekoči trak. Na te aplikacije se lahko prijavi katerikoli študent v Sloveniji brezplačno, pride samo pogledati na FE, UL, ali se zabava z atraktivnimi roboti od torca do četrтка popoldne. Petek je bil rezerviran za ekskurzijo v Plastika Skaza in KLS Ljubno. V tekmovanju Robot Challenge so ekipe en teden pred DIR dobile naloge, na voljo je bilo 7 dni za pripravo najboljše robotske simulacije. Ves pisni material delavnice je bil tudi tokrat zbran v posebni izdaji revije Avtomatika, št. 122, 2014.