

Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/604

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0228
<b>Naslov programa</b>	Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju
<b>Vodja programa</b>	2813 Tadej Bajd
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	15.300
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje programa</b>	01.2004 - 12.2008
<b>Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)</b>	309 Inštitut Republike Slovenije za rehabilitacijo 1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa<sup>1</sup>

V Sloveniji obstaja večdesetletna tradicija kvalitetnih raziskav in prenosov izsledkov v klinično prakso ter industrijo na področju rehabilitacije gibalno prizadetih. Področje zahteva tudi visoko usposobljenost multidisciplinarnega tima strokovnjakov, kar smo dosegli z interinstitucionalno sestavo programske skupine, sestavljeno iz raziskovalcev UL FE, IR- RS ter sodelavcev iz industrije. Pomembne značilnosti raziskovalne skupine so:

- interdisciplinarnost,
- interinstitucionalnost,
- znatna finančna sredstva pridobljena iz mednarodnih in industrijskih projektov (izven financiranja ARRS)

#### **RAZISKOVALNI REZULTATI**

Raziskovalni rezultati programa »Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju« se dobro ujemajo s cilji navedenimi v prijavi programa:

#### **Evalvacija gibanja zgornje ekstremitete**

Razvili smo vrsto metod in naprav za merjenje in vrednotenje prijemanja v rehabilitacijskem okolju. Študij prijemanja smo razdelili v tri faze: faza približevanja predmetu, faza izvajanja sile na predmet in faza spreminjanja orientacije prijetega predmeta. Vse izvirne metode omogočajo kvantitativno vrednotenje prijemanja. Merjenje sile prijema in urjenje prijema smo preizkusili tudi pri skupinah bolnikov z mišično distrofijo in hemiplegijo. Izdelali smo prototipno serijo naprav, ki so delno v naših rehabilitacijskih in fizioterapevtskih ustanovah, delno pa v tujini (Univerzi v Sidneyu in Iasiju), eno napravo vključuje v svoj proizvodni program firma Iskra Medical, ki jo je v letu 2006 uspešno predstavila na mednarodnem sejmu Medica v Düsseldorfu.

#### **Robotske naprave za urjenje gibov zgornje ekstremitete**

V okviru robotskega urjenja zgornjih ekstremitet je bil razvit izviren in učinkovit algoritem, ki

omogoča načrtovanje trajektorij gibov roke. Predlagan je bil izviren pristop k določanju mase in težišča segmentov roke. Uporaba haptičnega robota je omogočila dinamično merjenje sil prijema. Poskusna oseba je bila v stiku z robotom preko posebne merilne ročice, ki je omogočila merjenje sile prijema neodvisno od položaja in orientacije roke. Robot za urjenje prstov roke je izvirna haptična naprava z dvema prostostnima stopnjama in lahkim mehanizmom, ki ga poganja tetivni aktuacijski sistem, kar omogoča varno urjenje gibov prstov. Vsi sistemi so preizkušeni na bolnikih. Skupaj z raziskovalci ETH smo sodelovali pri razvoju robotskega eksoskeleta ARMin za urjenje gibov zgornje ekstremitete.

#### **Vodenje kompleksnih rehabilitacijskih naprav**

Pri ohromelih pa tudi pri ostarelih osebah nasploh je posebej pomembno urjenje ravnotežja. Razvili smo vrsto opornih naprav, ki preko povečanja togosti v gležnjih omogočajo lažje lovljenje ravnotežja. Potrebno togost smo dosegli s pasivnim vzmetenjem. Naprava je v proizvodnji pri nemški firmi medica Medizintechnik GmbH. Želena togost v gleženjskih sklepih smo dosegli tudi preko regulacije električne stimulacije antagonističnega para mišic. Dinamično urjenje je bilo kvantitativno ovrednoteno pri skupini bolnikov z dedno senzomotorično nevropatijo. Rezultati raziskave so pokazali večje izboljšanje kot običajno urjenje bolnikov, ki je bilo izvedeno v kontrolni skupini.

#### **Urjenje stoje, vstajanja in hoje**

Pri okvari osrednjega živčnega sistema se zaradi spastičnosti ekstremitet pojavijo kontrakture v sklepih in sekundarne anomalije. Predlagan in izdelan je bil izviren pasivni eksoskeletni sistem, ki z uporabo elastičnih vrvi napetih med posamezne segmente eksoskeleta omogoča emulacijo spastičnih vzorcev hoje.

Posebno pozornost smo posvetili kognitivni povratni informaciji, ki jo med urjenjem hoje posredujemo bolniku. Predlagali smo izviren sistem za urjenje hoje paraparetičnih oseb. Sistem sestavljajo aferentna električna stimulacija, tekoči trak, multisenzorni sistem (akcelerometri in žiroskopi) in zvočna povratna zanka. Na področju vstajanja smo razvili izvirno robotsko napravo za urjenje vstajanja oseb z nadkolensko protezo.

### **MEDNARODNI PROJEKTI**

#### ***GENTLE/S QLK6-CT-1999-02282, Robotic assistance in neuro and motor rehabilitation***

Delo sega na področje terapije roke pri ljudeh po kapi ali poškodbi glave z uporabo robotskega sistema. Okrog 65% bolnikov preživi kap, pri teh zgodnja in intenzivna funkcionalna terapija izboljša stanje. V projektu smo izbrali ustrezne načine terapije, v kratkem času razvili klinična prototipa, testirali učinkovitost robotske terapije v dveh centrih in razvili izpopolnjen prototip. Urjenje uporablja navidezna okolja, kjer gre največkrat za premikanje vrha robota med dvema točkama.

#### ***I-MATCH, IST-2001-37280, A VR based system to allow matching of an optimum interface to a user of assistive technology***

V projektu so bile najprej izdelane metode merjenja gibanja roke, da bi na njihovi osnovi lahko optimalno izbrali vmesnike (joystick, stikala, miška) za ohromelo osebo. Proces ujemanja (match) med uporabnikom in tehnološkim pripomočkom je bil dosežen v treh korakih: 1. merjenje s pomočjo haptične tehnologije, 2. simulacija (sposobnosti uporabnika so bile ocenjevane pri vodenju simuliranih naprav: robota za hranjenje, robota na invalidskem vozičku, motoriziranega invalidskega vozička), 3. baza podatkov (z informacijami o dosegljivih vmesnikih).

#### ***ALLADIN, IST-2002-507424, Natural language based decision support in neurorehabilitation***

V okviru projekta je bilo izdelano merilno okolje, v katerem je oseba po kapi nameščena tako, da je možno merjenje izometričnih sil nog, roke, sedala, hrbta, podlakti in prstov na roki, skupno 48 parametrov. Na zaslonu pred osebo se pojavi eden od šestih dražljajev, npr. telefonski klic. Zaradi vpetosti osebe v okolje ne izmerimo premikov, ampak le sile, odvisne od hotenja merjene osebe. Kasnejši potek rehabilitacije je mogoče napovedati iz prvih meritev bolj ali manj zanesljivo, kar je bilo prepoznano iz merjenj na približno 100 osebah v treh rehabilitacijskih centrih. Razvita je bila tudi programska oprema, ki omogoča zajem in interpretacijo obsežnih merilnih podatkov z uporabo metod umetne inteligence, samodejni prenos govornih besed v tekstovne datoteke in samodejno prepoznavanje značilk.

#### ***MIMICS FP7-ICT-2007-1, Multimodal immersive motion rehabilitation with interactive cognitive systems***

Robotsko urjenje v nevrorehabilitaciji je mogoče znatno izboljšati z uporabo multimodalnih navidezni okolij, s katerimi se mora bolnik čim bolj poistovetiti. V okviru projekta sta razvita dva nevrorehabilitacijska robotska sistema, prvi za zgornje in drugi za spodnje ekstremitete. Sistema zaznavata multisenzorne podatke (gibanje, sile, zvok, mišična aktivnost, srčni utrip, prevodnost kože) in tako v realnem času ocenjujeta psiho-fiziološko stanje bolnika. Računalniško prirejena informacija vpliva tako na terapevtski robot kakor na navidezni sistem za trening osnovan na 3D grafiki in 3D zvoku. Oba nevrorehabilitacijska robotska sistema sta

preizkušana najprej na zdravih poskusnih osebah in potem še na bolnikih.

#### **SODELOVANJE Z INDUSTRIJO**

Poleg *rehabilitacijske robotike* je programska skupina raziskovalno in razvojno delovala tudi na področju *industrijske robotike*. V preteklih letih smo razvijali in testirali sistem za brezkontaktno merjenje dimenzij objektov iz sive litine z uporabo laserskega merilnika oddaljenosti in robota. Razvojno delo je potekalo za potrebe firme *ETA, Cerkno*. Izdelani sistem je natančen na  $\pm 0.3$  mm, kar je za namene livarske industrije in glede na velikost obdelovancev povsem zadovoljivo.

Razvojno delo povezano z *Iskro Avtoelektriko* je obsegalo razvoj mobilne platforme. Opravili smo meritve ultrazvočnih senzorjev, ki so del senzornega sistema mobilne platforme. Vzpostavili smo komuniciranje, krmiljenje in branje s krmilnikov pogonskega motorja in motorja za usmerjanje.

Začeli smo sodelovati v *Eureka projektu 'E-technology of assembly'*, katerega cilj je avtomatizacija/robotizacija gradnje s panelnimi ploščami podjetja *Trimo d.o.o.* Paneli so narejeni iz mineralne volne, stisnjene med dve plasti jeklene pločevine. Največji paneli so dolgi 14m in teški 680kg. Zato je za manipulacijo potreben manipulator z bistveno večjo nosilnostjo, kot pa jo imajo komercialni industrijski roboti.

Skupaj s firmo *Elestra* je bil razvit laserski sistem za natančno merjenje deformacij robotskih segmentov v realnem času. V klimatsko nadzorovanem okolju je bila opravljena kalibracija ter evalvacija sistema; dosežena je bila dobra stabilnost, resolucija, ter merilna negotovost. Redno sodelujemo še z robotskimi podjetji *Ristro/Robotec, ABB, DAX in Pick&Place*. K delu raziskovalne skupine smo pritegnili tudi tri naše nekdanje mlade raziskovalce dr. Timoteja Kodeka (Elatec), dr. Jerneja Kuželičkega (Iskra Avtoelektrika) in dr. Mitja Vebra (Lastinski inženiring).

#### **OBJAVLJANJE**

Raziskovalci programske skupine objavljajo v pomembnih mednarodnih revijah. Število člankov v recenziranih revijah po letih je bilo: 6 (2000), 7 (2001), 7 (2002), 13 (2003), 6 (2004), 12 (2005), 10 (2006), 16 (2007), 9(2008). V zadnjem obdobju je bilo natisnjenih tudi več poglavij v knjigah in enciklopediji, izdana je bila izvirna monografija Haptični roboti. Še vedno pa se dobro citira knjiga o hoji in stoji s funkcionalno električno stimulacijo, ki je izšla pri založbi CRC leta 1989. Trditi smemo, da smo pri objavljanju vsekakor primerljivi s svetom, saj je *nemška agencija WisideX*, ki ocenjuje učinke raziskovalnega dela, tako da število publikacij normira s številom prebivalcev posamezne dežele, uvrstila *slovenske robotike na drugo mesto v svetovnem merilu*. Enako število člankov (28) na milijon prebivalcev za obdobje 2001 do 2005 je imela tudi Švica. Člani programske skupine so bili vabljeni predavatelji in so sodelovali v organizacijskih odborih več mednarodnih konferenc.

#### **NAGRADE**

Naši *študentje* so prejeli: A. Olenšek, Prešernova nagrada UL; J. Podobnik, Prešernova nagrada ULFE; Bedjaničevo nagrado sta prejela vsak posebej T. Kotirnik ter B. Povše. Matjaž Mihelj je sodelavci na ETH leta 2006 prejel prestižno *Swiss Tehnology Award*. Prof. Kralj, senior v programski skupini je bil 2005 imenovan za *Ambasadorja Republike Slovenije v znanosti*. Programska skupina je bila po ocenjevanju ARRS v letu 2004 uvrščena med *pet najbolj uspešnih* na področju tehnike.

### **3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>2</sup>**

Ena najpomembnejših značilnosti programske skupine, ki izvaja program »Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju«, je večje financiranje iz drugih virov, kot so ARRS oziroma 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. Trditi smemo, da se vsi evropski projekti lepo ujemajo z naslovom programa, saj gre pri vseh za sodelovanje med človekom, robotom in navideznim okoljem v namene rehabilitacije ohromelih oseb. V precejšnji meri pa to velja tudi za industrijske robote, saj, na primer, merilni robot (sistem za optično merjenje upogiba) deluje samo skupaj z operaterjem, podobno pa je gradbeni robot zasnovan kot teleoperacijski sistem. Glede na obseg financiranja iz drugih virov smemo trditi, da so bili zastavljeni cilji podvojeni.

**4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa<sup>3</sup>**

--

**5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>4</sup>**

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Emulacija patoloških vzorcev hoje
		<i>ANG</i> Emulation of pathological gait patterns
	Opis	<i>SLO</i> Predlagali in razvili smo izviren mehanski sistem, ki omogoča umetno emulacijo različnih patoloških vzorcev hoje. Delo je važen prispevek k teoretičnemu poznavanju patoloških vzorcev hoje in je pomembno za klinično uporabo.
		<i>ANG</i> We have proposed and developed an innovative mechanical system that enables artificial emulation of various pathological gait patterns. Our work significantly contributed to basic knowledge on biomechanics of pathological gait, which is important for clinical practitioners.
	Objavljeno v	Z. Matjačić, A. Olenšek, T. Bajd, BIOMECHANICAL CHARACTERIZATION OF ARTIFICIALLY INDUCED TOE-WALKING: DIFFERENCES BETWEEN PURE SOLEUS, PURE GASTROCNEMIUS AND COMBINATION OF SOLEUS AND GASTROCNEMIUS CONTRACTURES, J. Biomechanics, Vol. 39, pp. 255-266, 2006, JCR IF: 2.542.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	632425	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Robotsko urjenje gibov roke
		<i>ANG</i> Robot training of arm movements
	Opis	<i>SLO</i> V sodelovanju z ETH Zürich je bil razvit eksoskeletni robotski system ARMin s sedmimi aktivnimi prostostnimi stopnjami, namenjen urjenju gibov roke. Razvoj robota je bil nagrajen s švicarsko tehnološko nagrado.
		<i>ANG</i> To enable training of arm movements the ARMin semi-exoskeleton robot with seven active degrees of freedom was developed in cooperation with ETH Zurich. The robot was awarded with Swiss Technology Award.
	Objavljeno v	M. Mihelj, T. Nef, R. Riener, A NOVEL PARADIGM FOR PATIENT-COOPERATIVE CONTROL OF UPPER LIMB REHABILITATION ROBOTS, Advanced Robotics, Vol. 21, No. 8, May, 2007, JCR IF: 0.504
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	6041940	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Analiza in sinteza vstajanja iz sedečega v stoječi položaj
		<i>ANG</i> Analysis and synthesis of rising from sitting to standing position
	Opis	<i>SLO</i> Razvita in izdelana je bila robotska naprava, ki omogoča aktivno urjenje vstajanja. Naprava nudi dodatno podporno silo osebi, ki vstaja, omogoča merjenje parametrov vstajanja in vključuje tudi bolnikovo preostalo hoteno aktivnost.
		<i>ANG</i> For active assistance in standing-up training a robotic assistive device was developed. The device provides the support to the rising subject, enables the acquisition of standing-up parameters for evaluation purposes and allows for human voluntary activity integration.
	Objavljeno v	R. Kamnik, T. Bajd, HUMAN VOLUNTARY ACTIVITY INTEGRATION IN THE CONTROL OF A STANDING-UP REHABILITATION ROBOT: A SIMULATION STUDY, Medical Engineering & Physics, Vol. 29, pp.1019-1029, 2007, JCR IF: 1.471
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	6042964	
4.	Naslov	<i>SLO</i> Robotsko urjenje gibov prstov v navideznem okolju
		<i>ANG</i> Robotic training of finger movements in virtual environments

	Opis	SLO	Razvit je bil pristop, ki združuje haptični robot in sistem za merjenje sil in navorov prijema za oceno kvalitete prijema. Sistem omogoča vrednotenje koordinacije močnostnih prijemov v kvazistatičnih pogojih ter v primerih zunanjih motenj.
		ANG	An approach based on a combination of a haptic interface with force/torque transducers for measuring grasp quality was developed and evaluated. The system enables evaluation of power grasp coordination for quasi-static and dynamic external load force disturbances.
	Objavljeno v	J. Podobnik, M. Munih, HAPTIC INTERACTION STABILITY IN RESPECT TO GRASP FORCE, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews, Vol. 37, pp. 1214-1222, 2007, JCR IF: 0.864	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	6167380	
5.	Naslov	SLO	Merjenje in evalvacija prijemanja pri človeku
		ANG	Measurement and evaluation of human grasping
	Opis	SLO	Zasnovali smo sistem za študij in urjenje koordinacije in spretnosti roke v navideznem okolju. Razvili smo model večprstnega prijema in predlagali več nalog za urjenje koordinacije prijema in povečanje sile prijema pri bolnikih po kapi.
		ANG	We developed a system for assessment and training of force coordination and hand dexterity in virtual environment. Mathematical model of grasping was applied to achieve multi-fingered interaction with virtual objects. Several tasks were developed with the aim to improve grip force coordination and increase muscle strength of patients after stroke through repetitive exercises.
	Objavljeno v	G. Kurillo, M. Mihelj, M. Munih, T. Bajd, MULTI-FINGERED GRASPING AND MANIPULATION IN VIRTUAL ENVIRONMENT USING ISOMETRIC FINGER DEVICE, Presence, Vol. 16, pp. 239-306, 2007, JCR IF: 0.723	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	5941588		

## 6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine<sup>5</sup>

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Dinamično urjenje stoje in ravnotežja
		ANG	Dynamic training of posture and balance
	Opis	SLO	Naprava za dinamično urjenje "Balance Trainer" je novo razvita rehabilitacijska naprava, ki združuje urjenje varne stoje in urjenje stabilnosti trupa. Osebe, ki (še) niso sposobne samostojne stoje, so vpete v napravo, ki pa omogoča gibanje v kolkih.
		ANG	The "Balance trainer" is a newly developed standing device which combines safe standing as well as training of stability in the trunk. Persons, which are not (yet) able to stand safe by their own, are held stable in legs and hips and are at the same time able to move the hips in all sides.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent	
	Objavljeno v	MATJACIĆ, Zlatko, SINKJÆR, Thomas. Balance re-trainer = Gerät zum Wiedererlernen des Gleichgewichts = Dispositif de re-apprentissage de l'équilibre : European patent No. 1305087 (EP 1 305 087 B1), date of publication 19.03.2008, Bulletin 2008/12 : application number 01940237.9, München: European Patent Office, 19.03.2008. 19 f.	
	Tipologija	2.24 Patent	
	COBISS.SI-ID	829545	
2.	Naslov	SLO	Naprava za vrednotenje in urjenje prijema
		ANG	Force tracking system for assessment of force grip control
	Opis	SLO	Razvita je bila izvirna naprava za merjenje in urjenje kontrole sile prijema osnovana na metodi sledenja. Napravo predstavljata dva merilna objekta, ki omogočata merjenje preciznega in močnostnega prijema.
			An original tracking system for the assessment and training of grip force

		ANG	control was developed. The system consists of two measuring objects enabling assessment of power and precision grip.
Šifra	F.21		Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov
Objavljeno v	KURILLO, Gregorij, BAJD, Tadej, MUNIH, Marko. Assessment and rehabilitation of hand function by the grip force tracking method. V: PUCKHABER, Heather L. (ur.). New research on biofeedback. New York: Nova Biomedical Books, cop. 2007, str. 57-98		
Tipologija	1.16		Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID	6153556		
3.	Naslov	SLO	Merjenje razširjanja mehanskih termostatskih membrane
		ANG	Measurements of mechanical thermostat membrane expansion
Opis	SLO	Razvita sta bila metodologija in laserski sistem za merjenje razširjanja mehanskih termostatskih membran. Izboljšan nadzor izdelavnega procesa, večja kvaliteta, ponovljivost in visok izplen so rezultirali v skupnem letnem prihranku 133.000 EUR.	
	ANG	A methodology and system were developed for measuring mechanical thermostat membrane expansion. Much improved supervision of the process, higher quality, repeatability and very high yield resulted in yearly savings of 133.000 EUR.	
Šifra	F.13		Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
Objavljeno v	REJC, Jure. Hitre in točne brezkontaktno meritve razdalj v industrijskem okolju : doktorska disertacija. Ljubljana: [J. Rejc], 2008. XVIII, 150 str.		
Tipologija	2.08		Doktorska disertacija
COBISS.SI-ID	6879316		
4.	Naslov	SLO	Robotske meritve pri ulivanju
		ANG	Robot measurements in casting
Opis	SLO	Merilni sistem omogoča brezkontaktno dimenzijsko merjenje rešetk ulitih iz sive litine. Uporabljena sta bila triangulacijski laserski točkovni merilnik in industrijski SCARA robot. Rezultati meritev so pokazali, da je mogoče opraviti merjenja v 88 točkah v 45 sekundah s točnostjo 0.3 mm, kar zadošča za robotsko čiščenje rešetk.	
	ANG	The work is covering a system for non contact dimensional measurement of a gray-iron grate by use of a laser dot triangulation displacement sensor and an industrial SCARA robot. The results show that dimensional measurements on a grate, at 88 points, can be performed within 45 s and with 0,3 mm accuracy, which proved to be sufficient for robot deburring of gray-iron grates.	
Šifra	F.13		Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
Objavljeno v	J. Rejc, J. Činkelj, M. Munih DIMENSIONAL MEASUREMENTS OF A GRAY-IRON OBJECT USING A ROBOT AND A LASER DISPLACEMENT SENSOR, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 25, pp. 155-167, 2009, JCR IF (2007): 0.804.		
Tipologija	1.01		Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	5453396		
5.	Naslov	SLO	Sistem za optično merjenje upogiba
		ANG	Optical deflection measuring system
Opis	SLO	Razvit je bil sistem za točno merjenje upogibov v realnem času. S poskusi z interferometri v klimatsko kontroliranih komorah je bila evalvirana točnost sistema. Pri dinamičnih merjenjih je bila dosežena resolucija 0.1 um.	
	ANG	A system for accurate real-time measurement of deflections was developed. Experiments using interferometers were conducted in a climate controlled chamber to evaluate system performance and verify the accuracy. A resolution of 0.1 um is attainable in dynamic measurements.	
Šifra	F.13		Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	M. Vrhovec, I. Kovac, M. Munih, OPTICAL DEFLECTION MEASURING SYSTEM,		

Objavljeno v	Precision Engineering, Vol. 31, No. 3, pp. 188-195, 2007, JCR IF: 0.733
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	6220372

## 7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>6</sup>

### 7.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>7</sup>

SLO

Sodobne rešitve v industriji in zdravstvu, vključno z rehabilitacijo, zahtevajo inovacije, napredne visokotehnološke rešitve, prenos celovitih pristopov z drugih področij in sinergijo učinkovitih omrežnih rešitev. V primerjavi z drugimi raziskovalnimi središči v EU in ZDA, ima Slovenija pomembne primerjalne prednosti. Ljubljanska rehabilitacijska inženirska skupina tradicionalno deluje na področju rehabilitacijskih tehnologij z raziskavami in kliničnim sodelovanjem, ki se je gradilo skoraj petdeset let, in ima za posledico novo znanje in prenos dosežkov raziskav v nove izdelke in nove metode. Naša glavna dejavnost je razvoj na področjih rehabilitacije in industrije. Pozornost je usmerjena na naprave in metodologije, ki odpirajo nove možnosti, so prijazne za uporabnika in vsakodnevno uporabo.

Program raziskav »Analiza in sinteza gibanja pri človeku in stroju« se zelo dobro sklada s programom Information and Communication Technologies (ICT) v FP7. Naš projekt v FP7 MIMICS STREP poteka že od samega začetka izvajanja FP7. Rehabilitacijski trening z večsenzorskim in večmodalnim interaktivnim sistemom navidezne resničnosti vključuje haptičnega robota, vizualno in zvočno modalnost. Preko merjenja fizioloških parametrov se prepozna psihofiziološko stanje osebe. Takšen e-sistem zagotavlja nov način medsebojnega sodelovanja med človekom in navideznim okoljem, kar ima za posledico bolj naravno, intuitivno, učinkovito in spodbujajočo interakcijo. Prilagajanje sistema na osnovi fizične interakcije s človekom in njegovim psihofiziološkim stanjem je nov mejnik v interakciji človek-robot in osnova za uspešno rehabilitacijo osredotočeno na pacienta. Pričakovati je tudi prenos te tehnologije na druga področja interakcije človek-stroj in računalnik-stroj.

Program je skladen s tremi temami delovnega načrta ICT, pri čemer prvi, „Cognitive systems, Interaction, Robotics“, uporablja robote za manipulacijo s predmeti različnih oblik in velikosti, robote s senzorskimi sistemi in druge sisteme za spremljanje in nadziranje, tudi intuitivne interaktivne večmodalne sisteme zasnovane na 3D tehnologiji.

Tema „ICT for Independent Living and Inclusion“ vsebuje vidike mobilnosti, reorganizacijo integrirane zdravstvene oskrbe in rehabilitacijo. Naše interdisciplinarno delo, izhajajoč iz FP6, med drugim zajema rehabilitacijo na domu in e-vključevanje, ki ostajajo najpomembnejše prednostne naloge v Evropi, ZDA in na Japonskem.

Tretja evropska tema „Towards sustainable and personalised healthcare“ je močno interdisciplinarna in neposredno prispeva v „Inclusive European Information Society“, kot je opredeljeno v strateškem zapisu „i2010 – European Information Society 2010“. Namen naše raziskave je razviti e-naprave za premoščanje omejitve zaradi bolezni ali poškodb, za povečanje samostojnosti starejših oseb in podaljšanje njihove družbene aktivnosti.

Ena izmed usmeritev Future and Emerging Technologies (FET), vključena v naše raziskave, je tudi „Human-Computer Confluence“, torej interakcija, sensorika in delovanje sistema človek-računalnik. V teh okvirih so naše vodilne raziskave na področju v sodelovanju z najbolj uglednimi skupinami v EU v osnovi multidisciplinarne. Obsegajo sodelovanje s slovenskim industrijskim okoljem in partnerstvom v EU.

ANG

Modern solutions in industry and health care including rehabilitation require innovations, advanced high-tech solutions, transfer of complex approaches from other domains, and synergy from efficient networking solutions. Compared to other EU and US research centres, Slovenia is holding important comparative advantages. Ljubljana rehabilitation engineering group was traditionally active in the field of rehabilitation technologies, with research and clinical cooperation developed through last nearly forty years, resulting in new knowledge and transfer of research achievements into new products and new methods.

Development in the fields of rehabilitation engineering and industry will be the main stream of our activities. Attention will be focused on devices and methodologies that open new frontiers, are user friendly, and simple for everyday use.

The research program „Analysis and synthesis of human and machine motion“ is very well covering the topics of 2007-08 Work Programme of Information and Communication Technologies (ICT) in FP7. Our FP7 MIMICS STREP project is running from FP7 starting day. Rehabilitation training with multi-sensorial and multimodal interactive VR system is based on haptic robot, visual, and aural modalities. Physiological measures are assessed and the psycho-physiological state of the person is interpreted by the machine in real-time. Such e-system provides a new paradigm for the interaction between a human and a virtual environment leading to more intuitive, natural, efficient, and motivating interactions. The robotic rehabilitation system altered behaviour based on human physical interaction and emotional state of the patient is a hallmark of our research and can be transferred to other areas of human-robot and human-computer interactions.

The program is overlapping with three challenges of the ICT workplan, the first, „Cognitive systems, Interaction, Robotics“, is using robots for handling tangible objects of different shapes and sizes, robots with sensor networks and other artificial systems, monitoring and controlling, also intuitive 3D based multimodal interaction systems.

The challenge „ICT for Independent Living and Inclusion“ includes mobility aspects and reorganization of integrated health care and rehabilitation process. Our multidisciplinary work, extended from FP6, among others includes home-based rehabilitation, and e-inclusion, that remain top priorities of societies in Europe, US, and Japan.

The third European initiative „Towards sustainable and personalised healthcare“ is highly interdisciplinary research, contributing directly to the priority „Inclusive European Information Society“ as defined in strategic framework, „i2010 – European Information Society 2010“. The purpose of our research is to develop e-devices to overcome disease or trauma limitations, to increase autonomy of elderly and prolong their social activities.

One of the Future and Emerging Technologies (FET) directions, covered in our recent and foreseen research is also „Human-Computer Confluence“, leading to a human-machine interaction, perception and action. Within these initiatives, our leading-edge research is based on collaboration with most prominent groups in EU and is in principle multidisciplinary. It includes daily cooperation with Slovenian industrial environment and EU partnership.

## 7.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>8</sup>

SLO

Skupina goji že 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 Trimo, Eta, Motoman in ABB so sicer slovenska podjetja, vendar s prodajo in proizvodnjo segajo preko naših meja. Kot taki iščejo poti prodora na tuje ne samo preko ekonomskih mrež, ampak s produkti in storitvami želijo obdržati kvaliteto prednost pred tujo konkurenco. Iščejo naše znanje in ga preko specifičnih raziskovalnih dosežkov vgrajujejo v svoje proizvode, postopke in storitve, kar prinaša boljšo kvaliteto, manjši izmet, boljšo produktivnost in s tem neposredne finančne učinke.

V bližnji prihodnosti bo staranje populacije v Sloveniji in širše v Evropi zahtevalo razvoj učinkovitih rehabilitacijsko-terapevtskih pristopov k obravnavi starostnikov in populacije z različnimi nevrološkimi okvarami. Ker enostavno ne bo dovolj institucionalnih kapacitet, je potrebno načrtovati pristope, ki bodo minimizirali stroške ter maksimizirali učinke rehabilitacije. Mogoča je delitev rehabilitacijskega procesa v dve fazi, prva se navezuje na obravnavo v klinični ustanovi z diagnostiko ter začetnim delom začrtane terapije. Druga se izvaja na domu uporabnika – „home-based therapy“, je lahko precej cenejša in veliko bolj učinkovita zaradi znatno daljšega trajanja rehabilitacije. Tu vidimo velik neposredni pomen v razvoju ustreznih tehnologij in rehabilitacijskih postopkov ter ustreznem usposabljanju zdravstvenih delavcev in uporabnikov, ki bodo v prihodnosti omogočali postopno uvajanje rehabilitacijskih storitev na domovih uporabnikov.

Potencial članstva Slovenije v EU s prostim pretokom blaga in storitev ni izkoriščen glede na zmožnosti. Inštitut za rehabilitacijo RS (IR-RS) poseduje vrhunsko opremo, ustrezne kadre ter dolgo tradicijo v svetovnem prostoru in je zainteresiran za vpeljavo novih vrhunskih pristopov. Podobno se veliko zdravilišč v Sloveniji ozira za novimi storitvami. IR-RS se zaveda izziva in enkratne razvojne priložnosti v skupnem razvoju in klinični uporabi napredne tehnologije rehabilitacijske robotike predstavljene v tem predlogu, z našo pomočjo vzgaja kadre in vstopa v formiranje robotske terapije. Veseli smo spoznanja, da stik z našimi najnovejšimi FP7 raziskavami iščejo ne samo napredne klinike v Evropi, ampak tudi naše domače partnerske institucije pa tudi manjši privatni subjekti.



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 programi robotike so eni najbolj privlačnih na Fakulteti za elektrotehniko UL, nudijo široko paleto znanja od strojništva, elektrotehnike do računalništva, visoko motivirajo, omogočajo individualni in skupinski študij. Industrija z zaupanjem sprejema tak profil diplomantov, magistrantov in doktorandov. Kvaliteto zagotavljamo z mednarodnim preprihom ter obojestransko mobilnostjo študentov in akademskega osebja z najbolj eminentnimi institucijami. Posredno so naši diplomanti in doktorandi iskani v domačih podjetjih in dobrodošli v tujini. Posredni pomen za družbo je tudi v popularizacijskih aktivnostih, kot so študentske delavnice industrijske robotike (DIR, 7IR, TIR), rehabilitacijske robotike, dnevi elektrotehnike, organizacija mednarodnih konferenc doma in sodelovanje pri organizaciji v tujini.

ANG

The team has had years of experience in high quality research, transfer of products into industrial and rehabilitation environment. The current research in the team is integrated in the international research area, it is recognised by the international reviews, international industrial associations, and projects. Our key industrial partners Trimco, Eta, Motoman, and ABB are Slovene companies which manufacture and sell their products also across the borders. As such, they are looking for ways to penetrate new markets, not only via economic networks but also with products and services that are at the competitive edge. They are looking for our knowledge and integrate it in products, procedures, and services that limit number of bad parts, bring the quality, productivity and also direct financial benefits.

The ageing population in Slovenia and in Europe will in near future require development of efficient rehabilitation and therapeutic approaches for elder population and those with neurological dysfunctions. Considering limited institutional capacities, adequate approaches should minimise costs and maximise the effects of rehabilitation. The rehabilitation can be divided into two phases, the first started in a clinical institution with diagnostics and beginning of the therapy. The second phase is carried out at the user's home - „home-based therapy“ with smaller cost and is more efficient due to considerably longer rehabilitation. Here is emerging significant direct impact with development of technology and rehabilitation procedures and also training of healthcare professionals and users that will enable introduction of rehabilitation services at the user's home.

The potential of Slovenian EU membership with free flow of goods and services, is not fully exploited. The Institute for Rehabilitation of the Republic of Slovenia (IR-RS) has top-quality equipment, adequately trained staff and years of tradition including experience at the global level. They are interested in introduction of novel approaches. Similarly, many health resorts in Slovenia are looking for new services. The IR-RS is aware of the challenge and the excellent opportunity for joint development and clinical exploitation of rehabilitation robotics presented in this proposal. It is pleasure to see that advanced clinics in Europe, our domestic partner institutions and some smaller private subjects are joining to our latest FP7 research.

Activities of our research are reflected at several levels. Our contribution is recognised through FP4 - FP7 projects and industrial co-operation, simultaneously our expertise is transferred into our domestic environment, to under- and post-graduate students, study programmes, partner institutions and industrial partners. Robotics study programmes are among the most attractive at the Faculty of Electrical Engineering, UL providing a wide range of knowledge, from mechanical, electrical engineering, and computer science. They are highly motivating and enable individual or team work. The industry gladly accepts our students passing bachelor's, master's, and doctor's degrees. Quality is built through international mobility of both students and faculty staff with the most eminent international institutions. Science popularisation activities, such as student workshops in industrial (DIR, 7IR, TIR) and rehabilitation robotics, electrical engineering days for children, organisation of international conferences at home and co-operation in the events organised abroad are systematically organized.

## 8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov<sup>9</sup>

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	7	

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

- doktorati	6	4
- specializacije		
<b>Skupaj:</b>	13	4

**9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju**

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	3	3	
- gospodarstvo	3	4	
- javna uprava			
- drugo			
<b>Skupaj:</b>	6	7	0

**10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju<sup>10</sup>**

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	16th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region - RAAD 2007, June 7-9 2007, Ljubljana, Slovenia. Conference proceedings. MUNIH, Marko (ur.), KAMNIK, Roman (ur.). Faculty of Electrical Engineering, 2007. 1 optični disk (CD-ROM). ISBN 978-961-243-067-2. [COBISS.SI-ID 233236992]	74
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

\*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

**11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca**

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	3
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	1
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	4
<b>Skupaj:</b>	8

**12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne**

**raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju<sup>11</sup>**

MIMICS Multimodal immersive motion rehabilitation with interactive cognitive systems, FP7-ICT-2007-1, 2008-2010.

I-MATCH - A VR Based System to Allow Matching of an Optimum Interface to a User of Assistive Technology, 5. framework program EU, IST-2001-37280, 2002-2005.

EUREKA, ETECH - Development of technology of high-tech e-construction site, E!3902, 2006-2008.

ALLADIN - Natural Language Based Decision Support in Neuro-rehabilitation, 6th framework program EU, IST-2002-507424, 2004-2007.

EURON - The European Robotics Research Network, IST-2000-26048, 2004-2006.

ECO-NET 2007 16313UC Nouvelles technologies pour la reeducation fonctionnelle de la marche, 2007-2008.

BI-KIT-07-09-025 Development of FES system and electrically driven robot assistive device for standing-up capability augmentation in impaired subjects, Slovenia-China cooperation in science and technology, 2007-2009.

BI-RO-03-04-003 Development of sensory supported FES system for restoring standing-up and sitting-down in paraplegia, Romania-Slovenia cooperation in science and technology, 2003-2004.

BI-DK/04-05-002 Functional electrical therapy during standing of people with hemiparesis, Slovenia-Denmark cooperation in science and technology, 2004-2005.

EPSRC GR/R79234/01 Integrated Voluntary Control of Unsupported Paraplegic Standing, British research project, 2001-2006.

BI-RO-05-06-007 Standing-up motion augmentation in paraplegia by means of FES and robot technology, Romania-Slovenia cooperation in science and technology, 2005-2006.

MIMARS - Multimodal Arm Rehabilitation System, Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, Switzerland, Marie-Curie Intra-European Fellowships, MEIF-CT-2005-010084.

**13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS<sup>12</sup>**

Avtomatizacija vijačenja elektronskih vezij v ohišja - razvojni projekt za industrijo, financer Tehnološki center za avtomatizacijo, robotizacijo in informatizacijo proizvodnje - Center ARI, za podjetje Pick&Place, Portorož, 2004.

Razvoj E-Tehnologije montaže, razvojni projekt za industrijo, Trimo, Trebnje, 2006-2007.

Razvoj E-Tehnologije montaže, 2. faza, razvojni projekt za industrijo, Trimo, Trebnje, 2007-2008.

Izvedba merjenja raztezka membrane mehanskega diastata, razvojni projekt za industrijo, ETA, Cerklje, 2006-2007.

Robotsko raziglanje mrež, razvojni projekt za industrijo, ETA, Cerklje.

Izvedba robotske celice za raziglanje mrež, razvojni projekt za industrijo, ETA, Cerklje.

Naprava za merjenje sil prijema, razvojni projekt za industrijo, Iskra Medical, Ljubljana, (Jernej Perdan, mladi raziskovalec iz gospodarstva).

Tridimenzionalna merilna naprava, razvojni projekt za industrijo, Elestra, d.o.o., Ljubljana, (Miha Vrhovec, mladi raziskovalec in industrije)

Robotska mobilna platforma, razvojni projekt za industrijo, Iskra Avtoelektrika, Nova Gorica, (razvoj krmilnega sistema za mobilno platformo).

**14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)**

ETA, Cerčno - razvojni projekti za robotizacija proizvodnega procesa in avtomatizacijo nadzora kvalitete proizvodov.
Inštitut RS za rehabilitacijo - razvoj naprav in metod za rehabilitacijo oseb po poškodbi osrednjega živčnega sistema (Aktivna naprava za urjenje in vrednotenje ravnotežja ob motnjah, haptični robot za urjenje gibanja prstov, izometrična naprava za merjenje sil prstov v navideznem okolju).
Članstvo v Tehnološkem centru za avtomatizacijo, robotizacijo in informatizacijo - Center ARI
Članstvo v tehnološki platformi I-TECHMED Inovativne tehnologije v optoelektroniki in medicini
Prof. T. Bajd: predsednik UO ARRS, član Odbora RS za Zoisovo nagrado pri MŠVZT, izredni član SAZU in redni član IAS, član UO Slovenske matice, član NO Slovenskega Znanstvenega Inštituta Dunaj.
Prof. Marko Munih je član razvojne skupine v okviru Sveta Vlade Republike Slovenije za konkurenčnost.

**15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)<sup>13</sup>**

<b>Naslov</b>	Robotika
<b>Opis</b>	Učbenik je namenjen vsem, ki se kakorkoli ukvarjajo z robotiko. V učbeniku so pojasnjene osnovne lastnosti robotov, s tem da je predpostavljeno zgolj srednješolsko znanje matematike in fizike. Posebnost je robotski slovarček, ki uvaja slovensko robotsko terminologijo. Učbenik (preveden v angleščino) je sprejela v tisk tudi založba Springer Verlag.
<b>Objavljeno v</b>	BAJD, Tadej, MIHELJ, Matjaž, LENARČIČ, Jadran, STANOVNIK, Aleš, MUNIH, Marko. Robotika. 1. izd. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2008. 165 str., ilustr. ISBN 978-961-243-092-4.
<b>COBISS.SI-ID</b>	240724736

**16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)<sup>14</sup>**

<b>Naslov</b>	Laboratorij za robotiko in biomedicinsko tehniko
<b>Opis</b>	Intervju podaja poljuden vpogled v raziskovalno in razvojno dejavnost Laboratorija za robotiko in biomedicinsko tehniko, v katerem poteka večji del raziskav programske skupine.
<b>Objavljeno v</b>	BAJD, Tadej, MUNIH, Marko. Laboratorij za robotiko in biomedicinsko tehniko Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani : [pogovor z izrednim članom SAZU prof. dr. Tadejem Bajdom in prof. dr. Marko Munihom]. Ventil (Ljubl.), 2007, let. 13, št. 5, str. 302-304.
<b>COBISS.SI-ID</b>	10245403

**17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008**

<b>Naslov</b>	Osnove robotike Robotika 1
---------------	-------------------------------

1.	<b>predmeta</b>	Robotika 2 Robotsko zaznavanje in umetna inteligenca
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Univerzitetni Univerzitetni Univerzitetni Univerzitetni
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko
	<b>Naslov predmeta</b>	Biomedicinski tehniški sistemi Biomehanika
2.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Univerzitetni Univerzitetni
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko
	<b>Naslov predmeta</b>	Mikroračunalniški sistemi Robotika Robotika in proizvodni sistemi
3.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Strokovni Strokovni Strokovni
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko
	<b>Naslov predmeta</b>	Fizika z matematiko in elektrotehniko
4.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Strokovni
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo
	<b>Naslov predmeta</b>	Izbrana poglavja iz programske opreme
5.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Univerzitetni
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko
	<b>Naslov predmeta</b>	Izbrana poglavja iz robotike Inteligentni mobilni roboti in transportni sistemi
6.	<b>Vrsta študijskega programa</b>	Podiplomski Podiplomski
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko
	<b>Naslov</b>	

7.	<b>predmeta</b>	
	<b>Vrsta študijskega programa</b>	
	<b>Naziv univerze/fakultete</b>	

**18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:**

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visoko-šolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**<sup>15</sup>

--

**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, za objavo 5., 6. in 7. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

**Podpisi:**

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblašcene osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Tadej Bajd	in/ali	Inštitut Republike Slovenije za rehabilitacijo
		Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

# Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

Kraj in datum:

Ljubljana

15.4.2009

## Oznaka poročila: ARRS\_ZV\_RPROG\_ZP\_2008/604

<sup>1</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

**PRIMER** (v slovenskem jeziku):

**Naslov:** Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

**Opis:** Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

**Objavljeno v:** OBERMAJER, N., PREMZL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates  $\beta 2$  - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

**Tipologija:** 1.01 - Izvirni znanstveni članek

**COBISS.SI-ID:** 1920113 [Nazaj](#)

<sup>5</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006,106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak



## Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a