

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/234

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	J2-0716
<b>Naslov projekta</b>	Poravnava slik v slikovno podprtih posegih v medicini
<b>Vodja projekta</b>	6857 Franjo Pernuš
<b>Tip projekta</b>	J Temeljni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	4.650
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje projekta</b>	02.2008 - 01.2011
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	13. Splošni napredek znanja - RIR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

#### 1.1. Družbeno-ekonomski cilj<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	07.
<b>Naziv</b>	Zdravje

#### 2. Sofinancerji<sup>2</sup>

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta<sup>3</sup>

Slikovno vodeni minimalno invazivni posegi vse pogosteje nadomeščajo uveljavljene, vendar invazivne medicinske posege. Slikovno vodene posege je omogočil razvoj medicinskih inštrumentov, slikovnih naprav ter postopkov za obdelovanje slik. Računalniška tomografija, magnetna resonanca, ultrazvok ter digitalno rentgensko slikanje so naredili ogromen napredek ne samo v pridobivanju diagnostičnih slik visoke kakovosti ampak tudi v vodenju samih kirurških posegov. Orodja, ki jih lahko vstavimo v telo skozi majhne reze ter nato vodimo s pomočjo slikovne informacije, se tudi neprestano razvijajo. Prednosti minimalno invazivnih terapij so krajši čas okrevanja bolnikov, manjše tveganje, večja pretočnost bolnikov ter manjši stroški zdravljenja. Za postavljanje diagnoze ter za načrtovanje posega se uporabljajo tridimenzionalne (3D) slike, ki so pridobljene pred operacijskim posegom najpogosteje z računalniško tomografijo (CT) ali magnetno resonančnim slikanjem. Med posegom pa mora zdravnik voditi inštrumente po direktno nevidnih kompleksnih 3D anatomskih strukturah samo na podlagi informacije iz dvodimenzionalnih (2D) rentgenskih slik. Vendar pa 2D slike ne dajejo zdravnikom ustrezne informacije o globini, poleg tega pa je kakovost takih slik velikokrat nizka. To pomanjkljivost lahko odpravimo z aktivno uporabo pred intervencijskih 3D slik visoke kakovosti med posegom. Aktivna uporaba 3D slik med posegom z namenom lažje in boljše navigacije v pacientovem telesu, je možna samo s 3D/2D poravnavo pred in med intervencijskih slik. Na podlagi 3D/2D prostorske poravnave se anatomija bolnika iz 3D slike zlije z informacijo o trenutnem stanju posega. Na ta način lahko prikažemo trenutni položaj inštrumentov glede na mesto patologije ter gleda na okoliške anatomske strukture v 3D, kar omogoča večjo natančnost, varnost in hitrost posega, ter tudi manjšo količino sevanja ter uporabljenega toksičnega kontrastnega sredstva.

Poglavitni cilji predlaganega projekta so bili: (a) razvoj novih, natančnih, zanesljivih ter popolnoma avtomatskih metod za 3D/2D prostorsko poravnavo slik različnih modalitet, (b) razvoj standardizirane metodologije za validacijo poravnave, ter (c) obsežna validacija in primerjava različnih metod poravnave. Vse zastavljene cilje smo realizirali.

(a) Razvili smo učinkovit postopek poravnave, ki temelji na gradientih intenzitet slik. Na temo novih postopkov poravnave smo objavili dva članka:

- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. Robust gradient-based 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images. IEEE Transactions on Medical Imaging, Dec. 2008, vol. 27, no. 12, str. 1704-1714
- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. Robust 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images based on gradient reconstruction. International journal of computer assisted radiology and surgery, 2008, vol. 3, no. 6, str. 477-483

Postopek omogoča poravnavo tako pred intervencijski 3D CT kot tudi MR slik z med intervencijskimi 2D rentgenskimi slikami. Postopek temelji robustni na poravnavi 3D gradientov pred intervencijske slike z grobo rekonstruiranimi prostorskimi gradient, ki jih dobimo z vzvratno projekcijo gradientov intenzitet 2D slik. Robustnost iskanja korespondence med dvema množicama gradientov v 3D prostoru je izboljšana z iskanjem hipotetičnih korespondenc vzdolž normal na anatomske strukture v 3D sliki. Končne korespondence med množicama gradientov so določene iterativno, z uporabo RANSAC algoritma

in posebne kriterijske funkcije za vrednotenje ujemanja obeh gradientnih polj. Predlagani postopek smo vrednotili s pomočjo javno dostopne standardizirane metodologije vrednotenja za 3D/2D poravnavo s slikovno bazo, ki je vsebovala 3D rotacijsko rentgenske, CT in MR slike ter 2D rentgenske slike dveh segmentov hrbtenice. Uporabili smo tudi kriterije in metriko vrednotenja, kot je predlagana v standardizirani metodologiji. Na ta način smo lahko rezultate, dobljene s predlaganim postopkom, objektivno primerjali s postopki, ki temeljijo na projekciji intenzitete slikovnih elementov, rekonstrukciji intenzitete slikovnih elementov ter na gradientih intenzitete slikovnih elementov. Predlagani postopek je prekašal ostale vrednotene postopke tako glede natančnosti kot tudi zanesljivosti. Prednosti postopka so še posebej izražene pri poravnavi z majhnim številom rentgenskih slik in pri poravnavi z MR slikami. Pokazali smo tudi, da je postopek poravnave precej robusten, tudi v primeru prisotnosti inštrumentov na 2D rentgenskih slikah, ki jih na pred intervencijski slikah ni.

(b) Razvili smo dva (enega v sodelovanju z Medicinsko Univerzo na Dunaju) standardizirana validacijska protokola. Protokola smo objavili v:

- PAWIRO, S. A., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration I : a new gold standard data set. Med. phys. (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1481-1490
- MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Standardized evaluation methodology for 3D/2D registration based on the Visible Human data set. Med. phys. (Lanc.), Sep. 2010, vol. 37, no. 9, str. 4643-4647

Vrednotenje in primerjava novega postopka poravnave z uveljavljenimi postopki je ključnega pomena za določitev lastnosti in klinične primernosti predlaganega postopka. V zgornjih dveh člankih smo predstavili dve standardizirani metodologiji vrednotenja s slikovno bazo ter pripadajočimi referenčnimi poravnami in natančnostjo le-teh, s kriteriji vrednotenja, z metriko vrednotenja ter s protokolom za vrednotenje. Klinično realistična slikovna baza prve metodologije je vključevala kilo-voltne in mega-voltne rentgenske slike ter CBCT, CT, MRT1, MR-T2 in MR-PD 3D slike glave kadavra prašiča z mehkim tkivom ter deformacijami mehkega tkiva med pred- in med-intervencijskimi slikami, medtem ko je bila referenčna poravnava (zlati standard) pridobljena z uporabo označevalcev, ki so bili togo pritrjeni na lobanjo. V drugem protokolu (Markelj in sod.) pa so bile uporabljene CT slike moškega in ženske iz Visible Human slikovne baze. Na teh slikah smo določili 15 podslik, ki so prikazovala vretenca T3-T15 in L1-L5 ter medenico. Iz CT podatkov so bili upodobljeni pari zadajšnje-sprednjih in stranskih pogledov ter pari poševnih pogledov 2D fluoroskopskih rentgenskih slik, ki prikazujejo prsni in ledveni del telesa ter medenico. Na ta način je bila referenčna preslikava med CT in rentgenskimi slikami na voljo neposredno iz izbrane projekcijske geometrije. Za upodabljanje realističnih fluoroskopskih 2D slik je bil uporabljen postopek projiciranja žarkov s funkcijo za pretvorbo energije, ki omogoča modeliranje efektivnih razlik v energiji fotonov pri zajemu CT in rentgenskih slik. Poleg tega so bile za vsako od vretenc v 3D prostoru analitično simulirane igle in postavljene naznačilna mesta kot pri postopku perkutne vertebroplastike ter končno tudi projicirane na upodobljene 2D fluoroskopske slike. Predlagani standardizirani metodologiji z opisanimi slikovnimi bazama sledita metodologiji vrednotenja, ki so jo predlagali van de Kraats in sod., in omogočata vrednotenje glede na štiri kriterije:

natančnosti, zanesljivosti, robustnosti in kompleksnosti postopka. Na ta način so kriteriji vrednotenja določeni glede na kriterij za neuspešno poravnavo, ki mora biti ustrezno izbran. Da bi se izognili subjektivnemu določanju ustreznega kriterija smo predlagali novo metodologijo vrednotenja, po kateri so kriteriji vrednotenja poravnave določeni neposredno iz ocenjene distribucije napak poravnave. Za prikaz uporabnosti predlaganih slikovnih baz in metodologije vrednotenja smo drugo metodologijo uporabili v primerjalni študiji med uveljavljeno gradientno metodo (Tomažević s sod.) in novo gradientno metodo, medtem ko je bila primerjalna študija z uporabo prve metodologije razširjena še s sodobno izvedbo 3D/2D postopka poravnave, ki temelji na intenziteti slikovnih elementov (Birkfellner in sod.), in uporablja eno izmed štirih različnih mer podobnosti. Predlagani metodologiji sta medsebojno komplementarni, saj se osredotočata na različne klinične aplikacije in anatomske strukture ter omogočata različne študije robustnosti postopka.

(c) razvite postopke smo obsežno validirali in jih primerjali med seboj. Rezultate smo objavili v članku.

- GENDRIN, C., MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration II : the comparison of intensity- and gradient-based merit functions using a new gold standard data set. Med. phys. (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1491-1502

Poleg tega smo opravili najbolj izčrpen pregled postopkov poravnave in pregled objavili v članku:

- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. A review of 3D/2D registration methods for image-guided interventions. Med. image anal. (Print), 2010, vol. , no. , str. 1-20

Najpogosteje so postopki 3D/2D poravnave razvrščeni na postopke, ki temeljijo na geometrijskih značilnicah in postopke, ki slonijo na intenziteti slikovnih elementov. Taka klasifikacija ne omogoča razvrstitve vseh postopkov, ki so bili predlagani v zadnjih letih. V zgornjem članku je predstavljena poglobljena in natančna analiza postopkov za 3D/2D poravnavo, na osnovi katere smo predlagali novo metodologijo razvrščanja, ki omogoča razvrščanje vseh obstoječih postopkov 3D/2D poravnave CT in MR slik z eno ali več rentgenskimi slikami. Za celovit pregled področja smo postopke naprej razvrstili glede na klasifikacijo, ki sta jo predlagala Maintz in Viergever. Z uporabo te klasifikacije smo postopke razvrščali glede na modaliteto slik, dimenzionalnost slik, naravo značilnic, geometrijsko transformacijo, interakcijo uporabnika, optimizacijo, ter subjekt in objekt poravnave. Za vsakega od kriterijev razvrščanja smo določili ustrezne razrede, ki kar najbolje ločujejo postopke poravnave glede na dani kriterij. Posebno pozornost smo namenili razvrščanju glede na dimenzionalnost slik in naravo značilnic. V prvem primeru smo identificirali in natančno definirali različne strategije za doseganje dimenzionalne korespondence v različno prostorski poravnavi 3D in 2D slik, v drugem pa dopolnili obstoječe metodologije razvrščanja postopkov za 3D/2D poravnavo glede na naravo značilnic. Ker sta oba kriterija razvrščanja med seboj neodvisna in hkrati odražata 3D/2D poravnavi lastne lastnosti, smo ju združili v celovito metodologijo razvrščanja, ki omogoča razvrščanje vseh obstoječih postopkov 3D/2D poravnave.

Sodelovali smo tudi pri učinkoviti implementaciji algoritma, ki so ga razvili kolegi na Dunaju. Implementacija je objavljena v članku:

- FIGL, M., BLOCH, C., GENDRIN, C., WEBER, C., PAWIRO, S. A., HUMMEL, J., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo, BERGMANN, Helmar, BIRKPELLNER, W. Efficient implementation of the rank correlation merit function for 2D/3D registration. Phys. Med. Biol., Oct. 2010, vol. 55, no. 19, str. 465-471

#### 4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

Načrte v raziskovalnem projektu smo v celoti uresničili in presegli. O tem priča tudi 7 objavljenih člankov v revijah s faktorjem vpliva.

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>5</sup>

Program raziskovalnega projekta se ni spreminjal. Prav tako ni prišlo do povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine.

#### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Pregled postopkov 3D/2D poravnav v slikovno vodenih posegih
		<i>ANG</i> A review of 3D/2D registration methods for image-guided interventions
	Opis	<i>SLO</i> Poravnava pred in medintervencijskih slik je ključni postopek slikovno vodene radioterapije, radiokirurgije, minimalno invazivnih operacij, endoskopije in intervencijske radiologije. Podajamo izčrpen pregled tistih postopkov poravnave, ki kot predintervencijske slike uporabljajo CT ali MR slike in kot medintervencijske pa rentgenske slike. Znale postopke smo razvrstili glede na slikovno tehniko, dimenzije slik, značilnice za poravnavo, geometrijsko preslikavo, optimizacijo ter anatomsko strukturo, ki jo želimo poravnati.
		<i>ANG</i> Registration of pre- and intra-interventional data is the key technology for image-guided radiation therapy, minimally invasive surgery, endoscopy, and interventional radiology. A survey of those 3D/2D data registration methods is presented which utilize 3D CT or MR images as the pre-interventional data and 2D X-ray projection images as the intra-interventional data. The 3D/2D registration methods are reviewed with respect to image modality, image dimensionality, registration basis, geometric transformation, user interaction, optimization procedure, and object of registration.
	Objavljeno v	MARKELJ, P., TOMAŽEVIČ, D., LIKAR, B., PERNUŠ, F. A review of 3D/2D registration methods for image-guided interventions. Medical Image Analysis, 2010, vol. , no. , str. 1-20, JCR IF (2009): 3.093
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	7682900
2.	Naslov	<i>SLO</i> Robustna na gradientih zasnovana metoda 3D/2D poravnav
		<i>ANG</i> Robust gradient-based 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images
	Opis	<i>SLO</i> Razvili smo nov postopek 3D/2D poravnave slik, ki sloni na robustnem iskanju ujemanja med 3D gradienti predintervencijske slike in 3D gradienti, ki so grobo rekonstruirani iz 2D gradientov medintervencijskih slik. Metodo smo ovrednotili s pomočjo javno dostopne standardizirane metodologije, ki vsebuje referenčne 3D slike, ki so zajete s CT, MR in digitalnim rotacijskim rentgenom angiografija, ter 2D rentgenske slike dveh segmentov hrbtenice. Pokazali smo, da je metoda natančnejša in robustnejša od drugih sodobnih metod.

			matching 3D pre-interventional image gradients and coarsely reconstructed 3D gradients from 2D gradients of the intra-interventional images. The proposed method is evaluated using the publicly available standardized evaluation methodology, consisting of 3D rotational X-ray, computed tomography, magnetic resonance (MR), and 2D X-ray images of two spine segments, and standardized evaluation criteria. The proposed method is more accurate and robust than the other state-of-the-art methods.
	Objavljeno v		MARKELJ, P., TOMAŽEVIČ, D., PERNUŠ, F., LIKAR, B. Robust gradient-based 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images. IEEE Transactions on Medical Imaging, Dec. 2008, vol. 27, no. 12, str. 1704-1714, JCR IF (2008): 4.004
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		6611540
3.	Naslov	SLO	Standardizirana validacijska metodologija postopkov 3D/2D poravnav
		ANG	Standardized evaluation methodology for 3D/2D registration
	Opis	SLO	Razvili smo standardizirano metodologijo za vrednotenje 3D/2D poravnav. Metodologijo sestavljajo 3D CT slike okolčja in hrbtenice moškega in ženske iz »Visible Human« projekta in 6 parov 2D rentgenskih slik, ki so tvorjene s projiciranjem žarkov skozi CT slike. Na 2D slikah so simulirana tudi kirurška orodja. Poleg tega smo predlagali tudi validacijsko metriko, s katero je mogoče oceniti natančnost, zanesljivost, robustnost in zahtevnost postopka poravnave. Metodologijo smo demonstrirali na ocenjevanju dveh gradientnih postopkov poravnave.
		ANG	A new standardized evaluation methodology, consisting of an image database, protocol and metrics, for objective evaluation of 3D/2D registration methods was introduced. The database comprised CT images of the pelvis and spine of a male and female from the Visible Human Project, and 6 pairs of 2D fluoroscopic x-ray images rendered from the CT. A 3-gauge needle was simulated in the 2D images. The proposed methodology was used to evaluate two gradient-based 3D/2D registration methods according to accuracy, robustness, and complexity.
	Objavljeno v		MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Standardized evaluation methodology for 3D/2D registration based on the Visible Human data set. Medical Physics (Lanc.), Sep. 2010, vol. 37, no. 9, str. 4643-4647, JCR IF (2009): 2.704
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		8096084
4.	Naslov	SLO	Validacija postopkov 2D/3D poravnav: nova podatkovna baza
		ANG	Validation for 2D/3D registration: a new gold standard data set
	Opis	SLO	Izdelana je bila baza slik za vrednotenje 3D/2D poravnav. Sveža svinjska glava s pritrjenimi markerji je bila slikana s tehnikami, ki se uporabljajo v diagnostiki in radioterapiji. Bazo so tako sestavljale slike zajete s 64-rezinskim CTjem, MRjem s protokoli T1, T2 in PDA in CTjem stožčastega snopa. Poleg tega je bila glava slikana še z radioterapevtsko kilovoltno in megavoltno slikovno tehniko. Ker so na slikah dobro vidne različne anatomske strukture in markerji, ki služijo za referenčno poravnavo, ta baza prekaša druge javno dostopne baze glede kvalitete in anatomske podrobnosti.
		ANG	A gold standard data set was produced using a fresh cadaver pig head with attached fiducial markers. The head was imaged with imaging modalities common in diagnostic imaging or radiotherapy, which include 64-slice CT, MRI using T1, T2, and proton density sequences, and cone beam CT imaging data. Radiographic data were acquired using kilovoltage and megavoltage imaging techniques. The image information reflects both anatomy and reliable fiducial marker information and improves over existing data sets by the level of anatomical detail, image data quality, and soft-tissue content.
	Objavljeno v		PAWIRO, S. A., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration I : a new gold standard data set. Medical Physics (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1481-1490, JCR IF (2009): 2.704
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		8246868

5.	Naslov	<i>SLO</i>	Validacija postopkov 2D/3D poravnave: primerjava različnih mer podobnosti
		<i>ANG</i>	Validation for 2D/3D registration: comparison of different similarity measures
Opis		<i>SLO</i>	S pomočjo validacijske slikovne baze smo testirali in primerjali 2D/3D postopke poravnave, ki slonijo na intenzitetah, in uporabljajo križno korelacijo, korelacijo rangov, korelacijsko razmerje ali medsebojno informacijo kot mero podobnosti in postopka, ki temeljita na gradientih slik – to sta postopek z rekonstrukcijo in vzvratno projekcijo. Rezultati kažejo, da sta postopka, ki slonita na gradientih, natančnejša od intenzitetnih postopkov, še posebej ob prisotnosti deformacij mehkega tkiva.
		<i>ANG</i>	The performance of an intensity-based 2D/3D registration method with four merit functions, namely, cross correlation, rank correlation, correlation ratio, and mutual information (MI), and two gradient-based algorithms, the backprojection and the reconstruction registration method were tested using the new phantom data set. The results indicate that gradient-based methods are more accurate than intensity-based methods, especially when soft tissue deformation is present.
Objavljeno v	GENDRIN, C., MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration II : the comparison of intensity- and gradient-based merit functions using a new gold standard data set. Medical Physics (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1491-1502, JCR IF (2009): 2.704		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
COBISS.SI-ID	8247124		

## 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	<i>SLO</i>	Izboljšave na napravi za vizualno kontrolo in razvrščanje tablet in kapsul
		<i>ANG</i>	Improvements on a machine for automatic visual inspection and sorting of pharmaceutical tablets and capsules
Opis		<i>SLO</i>	Znanje, pridobljeno z razvijanjem metod za poravnavo medicinskih slik, smo uporabili za izboljšave na visokotehnološki napravi za vizualno kontrolo kakovosti tablet in kapsul. Odkrivanje in klasifikacija napak na farmacevtskih izdelkih tudi sloni na poravnavi slik - slike objekta in slike modela izdelka brez napake.
		<i>ANG</i>	The expertise, acquired during development of novel medical image registration techniques, was transferred to industry and used to improve the performances of the machine for automatic visual inspection and sorting of pharmaceutical tablets and capsules. Detection and classification of defects on pharmaceutical products is, among others, also based on image registration - the registration of the image of a product expected and the model, derived from defect-free products.
Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije		
Objavljeno v	SENSUM d.o.o.		
Tipologija	2.21 Programska oprema		
COBISS.SI-ID	00000		
2.	Naslov	<i>SLO</i>	Uredniški odbor mednarodne revije
		<i>ANG</i>	Editorial board of peer reviewed journals
Opis		<i>SLO</i>	F. Pernuš: IEEE Transactions on Medical Imaging. IEEE F. Pernuš: Computer Aided Surgery. John Wiley & Sons sciences. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung B. Likar: Image Analysis and Stereology
		<i>ANG</i>	F. Pernuš: IEEE Transactions on Medical Imaging. IEEE F. Pernuš: Computer Aided Surgery. John Wiley & Sons sciences. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung B. Likar: Image Analysis and Stereology
Šifra	C.06 Članstvo v uredniškem odboru		
Objavljeno v	Uredniški odbori revij		
	4.00 Sekundarno avtorstvo		

	Tipologija	
	COBISS.SI-ID	8757509
3.	Naslov	<i>SLO</i> B. Likar mentor dr. Primožu Marklju
		<i>ANG</i> B. Likar supervised dr. Primož Markelj
	Opis	<i>SLO</i> B. Likar je bil mentor Primožu Marklju, ki je bil kot MR intenzivno vključen v ta raziskovalni projekt. Po uspešno zagovarjanem doktoratu leta 2010 se je dr. Markelj zaposlil v visoko tehnološkem Sensum-u d.o.o. To je primer učinkovitega prenosa znanja, ki je bilo pridobljeno v akademskem okolju, v industrijsko okolje.
		<i>ANG</i> B. Likar supervised Primož Markelj, a young PhD researcher, who was intensively involved in the present project. After defending his PhD in 2010, dr. Markelj joined the high-tech company Sensum d.o.o. This case is a demonstration of a efficient knowledge transfer from academia to industry.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	MARKELJ, Primož. Registration of three-dimensional and two-dimensional medical images : PhD thesis. Ljubljana: [P. Markelj], 2010. XXVII, 159 str
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID	7765332	
4.	Naslov	<i>SLO</i> 3D/2D poravnava v slikovno vodenih medicinskih posegih
		<i>ANG</i> 3D/2D registration in image-guided medical procedures
	Opis	<i>SLO</i> Poravnava pred in med intervencijskih slik je ključni del minimalno invazivnih slikovno vodenih postopkov. Metode, ki jih je skupina razvila, med katerimi izstopa tu omenjena, omogočajo razvoj novih postopkov neinvazivnega zdravljenja. Na osnovi rezultatov smo se povezali z intervencijskimi radiologi na Nevrološki kliniki KC. Poskusili bomo združiti znaja in želje uporabnikov ter razviti učinkovitejša orodja za navigacijo pri endovaskularnih posegih.
		<i>ANG</i> The registration of pre- and intra-interventional images is the key enabling technology of image-guided interventions. The registration methods, that the group developed, particularly the one cited here, allow development of novel minimally invasive procedures with better navigation. Encouraged by the results of this project, we have approached the interventional radiologists at the Neurology Clinic of the University Medical Centre with the aim to join efforts and try to improve complex navigation in 3D during endovascular procedures.
	Šifra	F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov
	Objavljeno v	MARKELJ, P., TOMAŽEVIČ, D., PERNUŠ, F., LIKAR, B. Robust gradient-based 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images. IEEE Transactions on Medical Imaging, Dec. 2008, vol. 27, no. 12, str. 1704-1714, JCR IF (2008): 4.004
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	6611540	
5.	Naslov	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Opis	<i>SLO</i>
		<i>ANG</i>
	Šifra	
	Objavljeno v	
	Tipologija	
COBISS.SI-ID		

## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>8</sup>

Rezultati raziskav tega temeljnega projekta se odražajo predvsem v številu in kakovosti objav. Do danes smo na osnovi raziskav v okviru tega projekta objavili 7 člankov v revijah s faktorjem vpliva. Večina člankov spada v zgornjo četrtino člankov po faktorju vpliva in glede na področje.



V pripravi je še nekaj člankov, temeljijo na tem projektu. Članek, ki je bil 2010 sprejet v reviji Medical Image Analysis je že dolgo časa med največkrat "downloada"animi članki.

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>9</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

Na osnovi rezultatov raziskav tega projekta, ki se odražajo v sedmih člankih, ki so bili objavljeni večinoma v revijah iz prve četrtine revij na področju ter številnih predstavitev na kongresih, ter na osnovi preteklih raziskav, s katero se je raziskovalna skupina uveljavila kot ena vodilnih na področju poravnave slik v slikovno podprtih medicinskih posegih, pričakujemo, da bodo objavljeni rezultati raziskav deležni velikega zanimanja raziskovalcev in bodo prispevali k razvoju znanosti in novih tehnologij na področju minimalno invazivnih slikovno vodenih posegov. Najpomembnejše pa bi bilo, če bi raziskovalni rezultati koristili predvsem bolnikom, zdravnikom in družbi.

Razvoj učinkovitih postopkov poravnave pred in med intervencijskih slik, ki je ključni del slikovno vodenih postopkov, zahteva intenzivne raziskave na treh področjih: (a) razvoj samih postopkov poravnave, (b) razvoj zahtevnih in standardiziranih validacijskih protokolov in (c) validacijo in testiranje postopkov, s katerimi se dokaže natančnost, robustnost, hitrost in zahtevnost uporabe postopkov poravnave. Menimo, da smo v okviru tega projekta prispevali k razvoju znanosti na vseh treh zgoraj omenjenih področjih.

(a) Razvili smo učinkovit postopek poravnave, ki temelji na gradientih intenzitet slik

- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. Robust gradient-based 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images. IEEE Transactions on Medical Imaging, Dec. 2008, vol. 27, no. 12, str. 1704-1714
- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. Robust 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images based on gradient reconstruction. International journal of computer assisted radiology and surgery, 2008, vol. 3, no. 6, str. 477-483

(b) Razvili smo dva (enega v sodelovanju z Medicinsko Univerzo na Dunaju) standardizirana validacijska protokola:

- MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Standardized evaluation methodology for 3D/2D registration based on the Visible Human data set. Med. phys. (Lanc.), Sep. 2010, vol. 37, no. 9, str. 4643-4647
- PAWIRO, S. A., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration I : a new gold standard data set. Med. phys. (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1481-1490

(c) razvite postopke smo obsežno validirali in jih primerjali med seboj

- GENDRIN, C., MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration II : the comparison of intensity- and gradient-based merit functions using a new gold standard data set. Med. phys. (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1491-1502

Poleg tega smo opravili najbolj izčrpen pregled postopkov poravnave:

- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. A review of 3D/2D registration methods for image-guided interventions. Med. image anal. (Print), 2010, vol. , no. , str. 1-20

ter sodelovali pri učinkoviti implementaciji algoritma, ki so ga razvili kolegi na Dunaju

- FIGL, M., BLOCH, C., GENDRIN, C., WEBER, C., PAWIRO, S. A., HUMMEL, J., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo, BERGMANN, Helmar, BIRKPELLNER, W. Efficient implementation of the rank correlation merit function for 2D/3D registration. Phys. Med. Biol., Oct. 2010, vol. 55, no. 19, str. 465-471

ANG

Based on the results of this basic research project which are so far summarized in 7 papers in peer reviewed journals, most of them in journals in the top 25% of journals in a research field, and numerous presentations at conferences, we expect that the results of this project will have an strong impact on the science in the field of automated medical image analysis. The group is already recognized as one of the leading groups in registration methods for image-guided medical interventions. Besides the impact on science, we believe that our research results have a potential to contribute to novel technologies for innovative navigation in image-guided procedure.

The development of efficient methods for the registration of pre- and intra-interventional images, which is the key enabling technology of image-guided interventions, requires extensive research at least on three domains: (a) development of accurate and efficient registration methods, (b) development of standardized validation protocols that is shared between researchers, and (c) extensive validation and comparison of several state-of-the-art methods. We believe that within this project we have scientifically contributed to each of the above mentioned domains.

(a) We have developed a promising registration method that is based on intensity gradients:

- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. Robust gradient-based 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images. IEEE Transactions on Medical Imaging, Dec. 2008, vol. 27, no. 12, str. 1704-1714
- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. Robust 3-D/2-D registration of CT and MR to X-ray images based on gradient reconstruction. International journal of computer assisted radiology and surgery, 2008, vol. 3, no. 6, str. 477-483

(b) We have developed two (one in collaboration with the Medical University Vienna) standardized validation protocols

- MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Standardized evaluation methodology for 3D/2D registration based on the Visible Human data set. Med. phys. (Lanc.), Sep. 2010, vol. 37, no. 9, str. 4643-4647
- PAWIRO, S. A., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration I : a new gold standard data set. Med. phys. (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1481-1490

(c) Numerous registration methods were extensively validated and compared:

- GENDRIN, C., MARKELJ, Primož, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. Validation for 2D/3D registration II : the comparison of intensity- and gradient-based merit functions using a new gold standard data set. Med. phys. (Lanc.), Mar. 2011, vol. 38, no. 3, str. 1491-1502

Besides, we have published a thorough review of registration methods:

- MARKELJ, Primož, TOMAŽEVIČ, Dejan, LIKAR, Boštjan, PERNUŠ, Franjo. A review of 3D/2D registration methods for image-guided interventions. Med. image anal. (Print), 2010, vol. , no. , str. 1-20

and helped our colleagues in Vienna to efficiently implement their registration algorithm:

- FIGL, M., BLOCH, C., GENDRIN, C., WEBER, C., PAWIRO, S. A., HUMMEL, J., MARKELJ, Primož, PERNUŠ, Franjo, BERGMANN, Helmar, BIRKFELLNER, W. Efficient implementation of the rank correlation merit function for 2D/3D registration. Phys. Med. Biol., Oct. 2010, vol. 55, no. 19, str. 465-471

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>

SLO

Uporabnost nove medicinske tehnologije, v tem primeru dela tehnologije (poravnave pred in med intervencijskih slik) za slikovno vodene posege, se vrednoti predvsem na podlagi zmanjšanja invazivnosti in časa posega, rezultata posega ter cene zdravljenja in okrevanja. Zaradi velike biološke variabilnosti, različnih minimalno invazivnih slikovno vodenih posegov, različne infrastrukture in potekov posegov ter izurjenosti zdravnikov, je pot do uporabe medicinske tehnologije, podobni tisti, ki jo razvijamo, zelo dolga. Potrebna so obsežna testiranja na simuliranih slikah, fantomih, kadavrih in na koncu na pacientih in to v večjem številu bolnišnic. Po zaključku temeljnega raziskovalnega programa pa lahko vseeno zanesljivo ocenimo, da so rezultati raziskav pomembni za Slovenijo. Koristi za gospodarstvo in družbo so predvsem naslednje:

Koristi v smislu rezultatov: Rezultati raziskovalnega projekta so pomembno prispevali k napredku znanosti v Sloveniji na področjih biomedicinske tehnike in neinvazivnih slikovno podprtih postopkov. Okrepili so predvsem področje biomedicinske tehnike, ki zaradi staranja prebivalstva postaja pomembno področje raziskav in razvoja in v bližnji bodočnosti tudi študija. Veliko število objav (glede na velikost projekta) v uglednih revijah ter referati na velikih kongresih so tudi povečali prepoznavnost Slovenije na znanstveno-raziskovalnem področju. To se neposredno in hitro odraža v članstvu uredniških odborov mednarodnih revij, članstvu v programskih odborih velikih konferenc, predavanjih na tujih univerzah, članstvu v komisijah za oceno in zagovor doktorskih disertacij na tujih uglednih univerzah, zanimanju tujih študentov za doktorski študij v okviru laboratorija (trenutno so v laboratoriju trije tuji študenti), vabilih za skupne projekte, obiskih tujih strokovnjakov, zanimanju velikih podjetij s področja medicinske

tehnologije (npr. Philips), itd.

Razvoj kadrov: Rezultati raziskovalnega projekta so nedvomno prispevali k povečanju znanja ter izboljšanju spretnosti raziskovalcev, ki so bili s projektom neposredno ali pa le delno povezani. Poleg direktnega prenosa znanja iz akademskega okolja v industrijo, se ta prenos odvija tudi preko mladih raziskovalcev, ki so delali na projektu in so po uspešno zaključenem doktoratu odšli v podjetja. Zaradi aktualne in zanimive teme projekta, kot tudi zaradi znanja in izkušenj raziskovalne skupine, ki se je povečalo, pričakujemo, da bodo naslednje raziskave privabile nove talentirane raziskovalce.

Krepitev inštitucijskih zmožnosti: Predlagani raziskovalni projekt je delno omogočil tudi oskrbo z novimi ter izboljšanje oziroma prenovo obstoječih komponent strojne opreme, programske opreme, literature ter administrativnih in upravljaljskih sistemov.

Povečano in učinkovitejše sodelovanje: Na osnovi projekta so se vzpostavila nova in okrepile obstoječa sodelovanja (npr. Medicinska univerza na Dunaju), ki bodo posledično prispevala k učinkovitejšemu sodelovanju v prihodnosti.

Viri sredstev: Za raziskovalce, kot tudi za organizacijo, kjer so se raziskave odvijale, se bo povečala sposobnost pridobivanja novih finančnih, tehničnih in organizacijskih virov za prihodnje raziskovalne projekte.

ANG

The ultimate success of a new medical technology, in this case part of the technology (image registration) for image-guided interventions, is judged by its impact on clinical practice and also through its contributions to scientific knowledge. The following specific benefits for Slovenia can easily be identified:

Benefits in terms of the results: The results of the research project had a direct impact on the state of science in Slovenia in the fields of biomedical engineering and image-guided interventions. Above all they are giving the field of biomedical engineering (BME) a momentum, as BME is becoming an important research and development field and in the near future also a field of higher education. The large number of publications, in respect to the funding of the project, in top peer reviewed journals and international conferences helped to increase the reputation of Slovenia as the country with high-quality research. The number and quality of publications are directly and immediately reflected in: editorial boards memberships, membership in PC committees of international conferences, invited talks at several universities and companies abroad, memberships on PhD evaluation and defence committees at recognized universities, interest of foreign students in PhD studies at our university (during the project we have attracted three such students), invitations to participate at common projects, visits of recognized experts in the field, interest of foreign companies in the field of medical imaging for our work, etc.

Human resources development: The abilities and skills of the researchers fully or partially connected to the research project have significantly improved. Besides the direct transfer of knowledge from academia to industry, knowledge is also transferred through the well trained and highly motivated young researchers who worked on the project and decided to find a job in industry after obtaining their degree. Because of the highly relevant and interesting research topic and the expertise of the research team, it is expected that future projects will attract new talented researchers.

Strengthening of the institutional capacities: The research project contributed to the capability of acquiring new and reconditioning, improving and renovating the existing elements of hardware, software, literature, and administrative and management systems.

Increased and more effective collaboration: Working relationships between different individuals and institutions, whether they were directly related to the research or not, established new and strengthened old collaborations (for instance with Medical University Vienna), which might lead to more effective future collaborations.

#### 10. Samo za aplikativne projekte!

**Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj
------

<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

**Komentar**

--

**11. Samo za aplikativne projekte!**

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
<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="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="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="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**

--

**12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)**

1.	<b>Sofinancer</b>		
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>		<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>		<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>		<b>Šifra</b>
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
	<b>Komentar</b>		
<b>Ocena</b>			
2.	<b>Sofinancer</b>		
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>		<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>		<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>		<b>Šifra</b>
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
	<b>Komentar</b>		
<b>Ocena</b>			
3.	<b>Sofinancer</b>		
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>		<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>		<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>		<b>Šifra</b>
	1.		

	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
<b>Komentar</b>			
<b>Ocena</b>			

## 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 6., 7. in 8. 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
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

### Podpisi:

Franjo Pernuš	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

22.4.2011

### Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/234

<sup>1</sup> Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, 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>7</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Sifrantu 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>8</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta 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. [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Rubrike izpolnite/prepišite skladno z obrazcem "Izjava sofinancerja" (<http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>), ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2011-1 v1.01

A9-9D-12-77-BC-E0-7A-D2-69-7D-5B-7E-36-29-44-D6-7D-0D-F2-9C