

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/1379

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0232
Naslov programa	Funkcije in tehnologije kompleksnih sistemov
Vodja programa	6857 Franjo Pernuš
Obseg raziskovalnih ur	19.550
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	381 Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta 1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskovali in objavljali smo na področjih: I. slikovne tehnologije-obdelava in analiza medicinskih slik, II. tehnologije za vizualno kontrolo izdelkov, III. anorganske in organske nanostrukture, IV. kompleksni dinamični sistemi in V. biomehanska analiza rentgenskih slik okolčja v klinični praksi.

I. Obdelava in analiza biomedicinskih slik

Posvetili smo se trem področjem obdelave in analize medicinskih slik: (1) poravnavi slik in slikovno podprtim posegom v medicini; (2) obnovi medicinskih slik in (3) kvantitativni analizi medicinskih slik. Pomembnejši dosežki na teh področjih so:

(1) Poravnava je ključna za integracijo komplementarne informacije slik zajetih z različnimi slikovnimi tehnikami, v različnih spektralnih področjih ali ob različnih časih, za normalizacijo vzorcev ter za natančno lociranje pacienta med slikovno podprtim kirurškim posegom ali radioterapijo. (a) Razvili smo nove postopke za objektivno vrednotenje mer podobnosti pri poravnavi slik. Točnost in robustnost poravnave je odvisna od številnih faktorjev, kot so postopek in parametri zajema slik, vsebina slik, vrsta transformacije, mera podobnosti in optimizacija. Zaradi zapletene soodvisnosti faktorjev je tudi za najpreprostejše vrste poravnave težko oceniti vpliv posameznih faktorjev na kvaliteto poravnave. Da bi zmanjšali stopnjo zapletenosti ali nedoločenosti v vrednotenju mer podobnosti, smo razvili postopek, ki je neodvisen od optimizacije. S podanimi slikami in vrsto parametrične transformacije v I-dimenzionalnem parametričnem prostoru lahko izračunamo vrednosti mere podobnosti v ekvidistančnih točkah vzdolž premic v parametričnem prostoru. Dobljene profile mer podobnosti nato uporabimo za statistično določitev konvergenčnega radija in tveganosti nekonvergenca ter točnosti, natančnosti in izrazitosti optimuma. S predlaganim postopkom smo ovrednotili veliko število mer podobnosti. Razviti postopki vrednotenja mer omogočajo analizo vpliva implementacijskih parametrov na mero podobnosti ter izbiro najboljše kombinacije mer podobnosti in ustrezne optimizacijske metode. (b) Manj invazivne in natančnejše posege (kirurgija, radioterapija, itd.) v medicini je mogoče izvesti s slikovno

podprtim vodenjem posega ali navigacijo, ki s prikazovanjem pred in medoperativnih tridimenzionalnih slik dopolnjuje oz. omogoča vpogled v nerazgrnjene anatomske strukture. Ker so predoperativne slike, načrt in simulacija posega del slikovno vodenega postopka, ki se izvaja v operacijski oz. radioterapevtski dvorani, je potrebno te podatke združiti z ustreznimi anatomske strukturi pacienta. Povezavo med predintervencijsko sliko in pacientom v intervencijskem prostoru dobimo s poravnavo oz. registracijo slike in pacienta. Razvili in validirali smo vrsto novih postopkov za poravnavo 3D računalniško tomografskih (CT) in magnetno resonančnih (MR) slik z 2D rentgenskimi slikami.

(c) Razvili smo izvirno metodo poravnavanja slik, ki izhaja iz simetrične soodvornosti slik. Podobnost med slikama merimo v obeh smereh. Model netogetega poravnavanja izhaja iz tretjega Newtonovega zakona o akciji in reakciji. Da dosežemo boljše skladnost med slikama, lahko glede na namen uporabe deformiramo samo eno od slik ali obe. Pokazali smo, da se da na tak način doseči bolj konzistentno in natančnejšo poravnano sliko.

(2) Razvili smo nove postopke za odpravljanje svetlostnih nehomogenosti magnetno-resonančnih (MR) in mikroskopskih slik. Predlagani postopki temeljijo na minimizaciji informacije slik in omogočajo zanesljivo, hitro ter retrospektivno odpravljanje svetlostnih nehomogenosti, ki otežujejo ali onemogočajo kasnejšo avtomatsko analizo slik.

(3) Razvili smo nove postopke za avtomatsko analizo MR in CT slik hrbtenice, ki omogočajo učinkovito prikazovanje in objektivno vrednotenje ukrivljenosti hrbtenice in rotacije vretenc v 3D. Poleg tega smo opravili številne študije vpliva izgubne kompresije na različne postopke analize slik. Razkrili smo številne pomanjkljivosti in nepravilnosti pri uporabi izgubne kompresije slik ter podali ustrezne napotke za odpravljanje le-teh.

II. Tehnologije za vizualno kontrolo izdelkov

Razvili smo nove postopke računalniškega vida za poravnavo, razgradnjo in analizo slik farmacevtskih tablet in kapsul. Postopki omogočajo zanesljivo zagotavljanje kakovosti in sortiranje tablet in kapsul v realnem času. Poleg tega smo razvili originalne postopke za vrednotenje kakovosti in sortiranje svetlečih diod (LED), kar je ključnega pomena za dolgotrajno stabilnost LED svetil in s tem za kakovostno strukturirano dinamično osvetljevanje opazovanih objektov. V sodelovanju s podjetjem Trimo d.d. smo razvili metode za vizualno kontrolo geometričnih in fotometričnih lastnosti gradbenih plošč, s poudarkom na 3D optičnem merjenju dimenzij in oblik izdelkov na osnovi strukturirane svetlobe. Sistem, ki smo ga razvili, se sam prilagaja na vrsto izdelkov in je že vključen v proizvodnjo. Sistemi, ki so bili razviti na osnovi znanstvenih dosežkov, se uporabljajo v podjetjih, kot so Krka, Lek, Trimo, itd.

III. Organske in anorganske nanostrukture

Z analizo slik, ki smo jih dobili s pomočjo različnih vrst mikroskopij (elektronska, konfokalna, fluorescenčna, fazno-kontrastna) smo študirali proces brstenja membrane, ki lahko v končni fazi privede do odcepitev hčerinskega vesikla od materske membrane. Kot prvi smo z elektronskim mikroskopom opazovali proces formacije valjastih nano-vesiklov celične membrane, katerih rast smo inducirali s pomočjo vgradnje različnih vrst detergentov. V membrani valjastih nanovesiklov nismo opazili pričakovanih heličnih struktur. Zato smo predlagali, da je rast tankih valjastih membranskih izrastkov posledica anizotropnih lastnosti membranskih sestavin in vgrajenih molekul detergenta. V podkrepitev te hipoteze smo razvili enotno teorijo stabilnosti membranskih nanostruktur, pri čemer smo upoštevali heterogeno sestavo membrane in anizotropne lastnosti njenih gradnikov. Pokazali smo, da je stabilnost tubularnih membranskih nanostruktur povezana z lateralno segregacijo membranskih komponent. Kot posledico anizotropije membrane smo teoretično pojasnili opažene nezvezne prehode med unduliranimi oblikami organskih nanotub. Koncept anizotropije pri stabilizaciji različnih oblik organskih nanostruktur smo uporabili tudi pri teoretičnem opisu zavrtih oblik kolabiranih anorganskih nanotub.

Eksperimentalno smo študirali adhezijo med fosfolipidnimi membranami, posredovano z molekulami proteinov v okolni raztopini. Ugotovili smo, da ta proces lahko prepreči vesikulacijo membrane tako, da privede do adhezije izrastka na membrano. Teoretično smo študirali vlogo nanoparticel z notranjo porazdelitvijo naboja pri posredovanju interakcije med membrano hčerinskega vesikla in matično membrano. V okviru te študije smo kot prvi izdelali ustrezno fizikalno teorijo, ki upošteva končne razdalje med posameznimi naboji znotraj nanoparticla. Teoretične napovedi smo tudi eksperimentalno preverili s pomočjo študija interakcij (adhezije) med naelektrenimi membranami liposomov in ob tem razvili ustrezne metode za analizo slik adheziranih liposomov, dobljenih s pomočjo faznokontrastnega mikroskopiranja.

IV. Kompleksni dinamični sistemi

Študij dinamike kardiovaskularnega sistema je potekal na treh poglavitnih področjih: (1) razvoj metod za analizo dinamike sklopljenih oscilatorjev, njihovih interakcij, sinhronizacije in smeri sklopitve; (2) študij fizioloških mehanizmov oscilacij in interakcij; (3) uporaba

fenomenološkega modela sklopljenih oscilatorjev za poglobitev razumevanja kardiovaskularnih bolezni, kot so diabetes, stanje po akutnem infarktu miokardija, srčno popuščanje, ali sprememb v kardiovaskularnem sistemu, ki nastanejo zaradi farmakoloških vplivov, kot je na primer stanje anestezije.

(1) Vpeljali smo pet novih metod za analizo nelinearnih oscilatornih procesov. (i) Posplošili smo bispektralno analizo za časovno-spremenljive oscilatorne procese z vpeljavo valčne transformacije za izračun bifaz in biamplitud. (ii) Posplošili smo metodo za določanje fazne koherence za časovnospremenljive oscilatorne procese z vpeljavo valčne transformacije. (iii) Predlagali smo novo metodo za identifikacijo parametrov nelinearnih stohastičnih modelov na osnovi Bayesovega pravila. Metodo smo razvili tako za diskretne, kot za kontinuirane procese. (iv) Predlagali smo novo metodo za identifikacijo parametrov fazne sklopitve med nelinearnimi stohastičnimi oscilatorji na osnovi Markovske analize. (v) Vpeljali smo novo metodo za določanje smeri sklopitve med oscilatorji na osnovi permutacijske analize in tudi metodo za preverjanje asimetrije v sklopitvah z uporabo surogatov, to so časovne vrste, ki imajo iste lastnosti, kot jih imajo originalne časovne vrste, le da so ponaključene glede na lastnosti, ki jih analiziramo. Vse opisane metode smo uporabili pri analizi dinamike kardiovaskularnega sistema pri zdravih osebah, kot tudi pri bolnikih s kardiovaskularnimi obolenji.

(2) Opravili smo obsežno analizo fizioloških mehanizmov, ki so vpleteni v vzdrževanje kardiovaskularnih oscilacij. Rezultate lahko strnemo v naslednje poglavitne zaključke. (i) Pokazali smo, da poleg petih značilnih oscilatornih komponent v pretoku krvi skozi ožilje obstaja še šesta, s karakteristično frekvenco okoli 0.007 Hz. Pokazali smo tudi, da so oscilacije s to frekvenco odvisne od endotelne aktivnosti, ampak mehanizmi niso odvisni od dušikovega oksida. (ii) S študijem vpliva lokalne anestezije smo potrdili obstoječe rezultate, da se aktivnost simpatičnega živčevja odraža na frekvenčnem območju okoli 0.04 Hz. V neodvisni študiji, ki smo jo opravili s sodelavci iz Frankfurta, smo potrdili rezultate obstoječih študij, da fizična aktivnost vpliva predvsem na miogeno aktivnost, ki se odraža s frekvenco okoli 0.1 Hz. Ta aktivnost je tudi močno spremenjena pri lokalnem ohlajevanju kože, ko nastopi vazokonstrikcija ožilja. (iii) V nekaj neodvisnih študijah in z uporabo vseh zgoraj navedenih metod smo pokazali, da je dihanje vodilen oscilator, saj ima mnogo večji vpliv na srčno aktivnost, kot obratno. Pokazali smo tudi, da se jakost in smer sklopitve spreminjata v različnih stanjih kardiovaskularnega sistema, kot tudi v odvisnosti od globine anestezije. (iv) Prvi smo pokazali, da obstaja kavzalna povezava med trenutno frekvenco in fazo dihanja na eni strani ter frekvenco in fazo deltaoscilacij v možganskih valovih na drugi.

(3) S sodelavci v Ljubljani, Lancastru in Oslu smo opravili klinične študije in ugotovili številne spremembe v oscilatornih komponentah in njihovih interakcij pri obolenjih kardiovaskularnega sistema. Med poglavitne rezultate sodi ugotovitev, da imajo bolniki po akutnem infarktu miokardija zmanjšan pretok skozi ožilje, čeprav ni vidnih kliničnih znakov srčnega popuščanja. Ugotovili smo tudi, da valčna analiza spremenljivosti srčnega ritma pokaže spremembe pri diabetičnih bolnikih še predno nastopijo klinični znaki avtonomne nevropatije.

V. Biomehanska analiza rentgenskih slik okolčja v ortopedski klinični praksi

Nadaljevali smo z razvojem računalniškega sistema HIPSTRESS za določanje biomehanskih parametrov okolčja s pomočjo anteroposteriornih rentgenskih slik in uporabo sistema pri oceni dolgoročnega vpliva povečanih vrednosti amplitude tlaka v kolčnem sklepu na razvoj različnih bolezenskih stanj okolčja. Sistem je bil implementiran v načrtovanje operativnih posegov v kolku na Ortopedski kliniki Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana. Naši rezultati kažejo, da imajo ljudje z večjim kolčnim sklepnim tlakom večjo verjetnost za nastanek artroze ter da pride pri bolnikih z vgrajeno totalno kolčno endoprotezo do omajanja proteze prej, če je kolčni sklepni tlak večji. Ugotovili smo, da se lahko kolčni sklepni tlak znatno poveča pri nekrozi kolčne glavice, kar je odvisno od lege nekrotične lezije in od oblike okolčja. Na osnovi biomehanske analize rentgenskih slik smo tudi razvili novo, računalniško podprto metodo za ocenjevanje obrabe umetnega acetabuluma po vstavitvi kolčne endoproteze. Naše biomehanske in klinične študije so prispevale k boljšemu razumevanju vzrokov (ne) uspešnosti različnih operativnih posegov v kolku, in k optimizaciji rehabilitacijskih postopkov po operativnih posegih v kolku, ki se uporabljajo v vsakodnevni klinični praksi.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Zastavljene raziskovalne cilje smo v celoti realizirali oz. presegli.

V obdobju od 2004 do 2008 so člani programske skupine o rezultatih raziskovalnega programa objavili 115 člankov v revijah s faktorjem vpliva, oziroma 127 izvirnih znanstvenih člankov (1.01), 7 preglednih znanstvenih člankov (1.02) in 2 kratka znanstvena prispevka (1.03). V zgornji četrtini revij (A1) smo objavili 58 člankov, kar predstavlja 50% člankov. Skupina je v

povprečju objavila 23 člankov na leto, oz. natančno 10 člankov/leto/1FT

Poleg znanstveno-raziskovalnih ciljev, ki se odražajo v številu in kvaliteti publikacij, smo realizirali tudi cilje, ki se nanašajo na razvoj novih proizvodnih metod oz. proizvodnih procesov (vizualna kontrola kakovosti tablet in kapsul - Krka, Lek, Sensum), na izboljšanje obstoječih tehnologij in tehnoloških procesov (brezkontaktni merilni sistem za merjenje profilov lahkih gradbenih plošč - Trimo), na izboljšanje obstoječih diagnostičnih in terapevtskih metod (planiranje ortopedskih posegov v kolku - Ortopedska klinika, UKC Ljubljana) in razvoj novih storitev sistem za analizo gibanja športnikov v kolektivnih športih - Fakulteta za šport, UL).

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

--

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Interakcije med srčnimi, respiratornimi in EEG-delta oscilatorji pri podganah med anestezijo
		ANG	Interactions between cardiac, respiratory, and EEG-delta oscillations in rats during anaesthesia
	Opis	SLO	Parametri in sklopitve kardio-respiratornih in možganskih oscilatorjev so odvisne od globine anestezije. Z uporabo nelinearne dinamike in informacijske teorije smo identificirali različne stopnje anestezije in učinke različnih anestetikov.
		ANG	Associated with the state of anaesthesia, characteristic changes exist in both cardio-respiratory and cerebral oscillator parameters and couplings, perhaps varying with depth of anaesthesia. By using non-linear dynamics and information theory different stages of anaesthesia and effects of different anaesthetics can be identified.
	Objavljeno v	MUSIZZA, Bojan, STEFANOVSKA, Aneta, MCCLINTOCK, P. V. E., PALUŠ, Milan, PETROVČIČ, Janko, RIBARIČ, Samo, BAJROVIČ, Fajko. Interactions between cardiac, respiratory, and EEG-delta oscillations in rats during anaesthesia. J Physiol 580/5: 315-326, 2007.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	22373081	
2.	Naslov	SLO	Pregled postopkov za odpravljanje svetlosnih nehomogenosti v magnetno resonančnih slikah
		ANG	A review of methods for correction of intensity inhomogeneity in MRI
	Opis	SLO	Svetlostne nehomogenosti magnetno resonančnih slik vplivajo na kvantitativno analizo slik. Podali smo poglobljen pregled in primerjavo postopkov za retrospektivno odpravljanje neželenih svetlostnih nehomogenosti. Postopke smo razvrstili glede na strategijo ter vrednotenje rezultatov korekcije.
		ANG	Intensity inhomogeneity in magnetic resonance images can adversely affect quantitative image analysis. We review numerous methods that have been developed to reduce or eliminate intensity inhomogeneities in MRI. The methods are reviewed according to the correction strategy and qualitative and quantitative evaluation approaches.
	Objavljeno v	VOVK, Uroš, PERNUŠ, Franjo, LIKAR, Boštjan. A review of methods for correction of intensity inhomogeneity in MRI. IEEE Trans. Med. Imag. 26/3: 405-421, 2007	
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	5796180	
3.	Naslov	SLO	Poravnava 3D in 2D slik v slikovno vodenih postopkih v medicini
		ANG	3-D/2-D registration by integrating 2-D information in 3-D
		Razvili smo postopek poravnave predoperativnih 3D CT ali MR slik in	

	Opis	SLO	intraoperativnih rentgenskih slik, ki temelji na rekonstrukciji 3D slike iz majhnega števila intraoperativnih 2D slik ter primerjavi rekonstruirane in predoperativne slike. Poravnava omogoča natančno lociranje pacienta oz. določene anatomije in patologije med minimalno invazivnimi kirurškimi in radioterapevtskimi postopki.
		ANG	We present a novel 3-D/2-D registration method by which a 3-D image is first reconstructed from a few 2-D X-ray images and next, the preoperative 3-D image is brought into the best possible spatial correspondence with the reconstructed image. The proposed method is applicable in image-guided therapy, where high-quality preoperative images serve for planning and simulation, and intraoperatively as "background", onto which models of surgical instruments or radiation beams are projected.
	Objavljeno v	D. TOMAŽEVIČ, B. LIKAR, F. PERNUŠ. 3-D/2-D registration by integrating 2-D information in 3-D. IEEE Tr. Med. Imaging 25: 17-27, 2006.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	5128532	
4.	Naslov	SLO	Povezanost celic z različnimi tipi nanotub
		ANG	Different types of cell-to-cell connections mediated by nanotubular structures
	Opis	SLO	Komunikacija med celicami je ključna za pravilno delovanje večceličnih organizmov. Pokazali smo, da so membranske nanotube, ki direktno povezujejo sosednje celice, dveh tipov. Različne nanotube omogočajo zelo specifično in učinkovito medcelično komunikacijo. Razložen je možen model nastanka in mehanske stabilnosti nanotub, ki povezujejo sosednje celice.
		ANG	Communication between cells is crucial for proper functioning of multicellular organisms. We showed that membranous nanotubes which directly bridge neighboring cells are of two types. The two types may offer a very specific and effective way of intercellular communication. A possible model of formation and mechanical stability of nanotubes that bridge two neighboring cells is discussed.
	Objavljeno v	VERANIČ, Peter, LOKAR, Maruša, SCHÜTZ, Gerhard J., WEGHUBER, Julian, WIESER, Stefan, HÄGERSTRAND, Henry, KRALJ-IGLIČ, Veronika, IGLIČ, Aleš. Different types of cell-to-cell connections mediated by nanotubular structures. Biophys. J. 95/9: 4416-4425, 2008	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	24674009		
5.	Naslov	SLO	Interferenca nelinearnega stohastičnega modela kardiorespiratornega sistema
		ANG	Interference of a nonlinear stochastic model of the cardiorespiratory interaction
	Opis	SLO	Za opis dinamike kardiovaskularnega sistema smo kot prvi predlagali model pošumljenih sklopljenih oscilatorjev. Klinični in fiziološki rezultati, ki so nastali na osnovi te nove doktrine so vzpodbudili razvoj novih metod za analizo in modeliranje kompleksnih stohastičnih sistemov, kot je algoritem za ugotavljanje smeri sklopitev na osnovi surogatov in metoda za inferenco nelinearnih stohastičnih modelov.
		ANG	We reconstructed a nonlinear stochastic model of the cardiorespiratory interaction in terms of a set of polynomial basis functions representing the nonlinear force governing system oscillations. The strength and direction of coupling and noise intensity were simultaneously inferred from a univariate blood pressure signal. Our new inference technique does not require extensive global optimization, and it is applicable to a wide range of complex dynamical noisy systems.
	Objavljeno v	V.N. SMELYANSKIY, D.G. LUCHINSKYY, A. STEFANOVSKA, P.V.E. MCCLINTOCK. Interference of a nonlinear stochastic model of the cardiorespiratory interaction. Phys. Rev. Letters 94: 1-4, 2005.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	4683348		

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

--	--

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Naprava za vizualno kontrolo tablet in kapsul
		ANG	Development of a machine for automatic visual inspection and sorting of pharmaceutical tablets and capsules
	Opis	SLO	Razvoj nove visokotehnološke naprave za vizualno kontrolo kakovosti tablet in kapsul. Naprava omogoča pa 100% vizualno kontrolo kakovosti s hitrostjo več kot 100 izdelkov na sekundo. Naprava je pomembna za zagotavljanje in dvigovanje kakovosti tablet in kapsul in s tem za dvig konkurenčne sposobnosti slovenske farmacevtske industrije.
		ANG	We have contributed to the development a high-tech machine for automatic visual inspection and sorting of pharmaceutical tablets and capsules. The machine automatically inspects the entire surface of tablets and capsules at the speed of up to 360.000 products/hour. The machine is marketed and sold by Sensus.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Sensus d.o.o., Krka d.d., Lek d.d.	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
	COBISS.SI-ID	000000	
2.	Naslov	SLO	Brezkontaktni merilni sistem za merjenje profilov lahkih gradbenih plošč
		ANG	Visual inspection system of light construction panels
	Opis	SLO	Razvoj brezkontaktnega merilnega sistema za merjenje profilov lahkih gradbenih plošč. Izvedba in montaža sistema ter usposobitev operaterjev v Trimu d.d. Sistem omogoča online merjenje kritičnih dimenzij profilov na proizvodni liniji, zgodnje odkrivanje odstopanj, sledljivost proizvodnje, izboljšanje kakovosti proizvodnje.
		ANG	We have developed a visual inspection system of light construction panels. The system, which is installed in Trimo, is capable of on-line measurements of critical profile dimensions and detection of early departs thus enabling higher quality production.
	Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Trimo d.d.	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
	COBISS.SI-ID	000000	
3.	Naslov	SLO	Meritev in analiza dinamike povezanih kardio-vaskularnih oscilatorjev in njihovih interakcij
		ANG	Measurement and analysis of the dynamics of coupled cardiovascular oscillators and their interactions
	Opis	SLO	Za opis dinamike kardiovaskularnega sistema smo kot prvi predlagali model pošumljenih sklopljenih oscilatorjev. Opravili smo številne klinične raziskave in odkrili povezave med spremembami oscilatornih komponent in njihovimi interakcijami ter kardiovaskularnimi boleznimi.
		ANG	We were the first to model the dynamics of the cardio-vascular system as noisy coupled oscillators. We have conducted several clinical studies and discovered numerous changes in the oscillatory components and their interactions associated with particular cardiovascular diseases.
	Šifra	F.22 Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Objavljeno v	JAMŠEK, Janez, STEFANOVSKA, Aneta, MCCLINTOCK, P. V. E. Nonlinear cardio-respiratory interactions revealed by time-phase bispectral analysis. Phys. Med. Biol. 49: 4407-4425, 2004	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	4418644	
4.	Naslov	SLO	Sledenje in analiza gibanja igralcev med tekmo
		ANG	Tracking and analysis of the motion of players in sport games
	Opis	SLO	V sodelovanju s Fakulteto za šport smo razvili sistem za analizo gibanja igralcev med tekmo, predvsem v skupinskih, pa tudi v individualnih športnih igrah. Sistem je sposoben slediti igralce, t.j. določiti trajektorije gibanja in

		analizirati opravljeno pot, področja gibanja, hitrost gibanja, vzorce gibanja, in na koncu vrednotenju tipa igre.
	ANG	In collaboration with the Faculty of sports a system for tracking and analysis of the motion of players in individual and team sport games has been developed. The system is capable of analysing motion paths, speeds and distances of individual players as well as patterns of motion.
Šifra	F.11	Razvoj nove storitve
Objavljeno v	KRISTAN, Matej, PERŠE, Matej, KOVAČIČ, Stanislav, PERŠ, Janez. Sledenje več igralcev v športnih igrah na podlagi vizualne informacije. Elektroteh. vestn. 74: 19-24, 2007	
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	5906516	
5.	Naslov	
	SLO	Uredniški odbor mednarodne revije
	ANG	Journal editorial boards
	Opis	
	SLO	Člani programske skupine so v uredniških odborih 8 mednarodnih revij. - F. Pernuš: IEEE Transaction on Medical Imaging (IF=3.94) - F. Pernuš: Pattern Recognition Letters (IF=1.14) - F. Pernuš: Computer-Aided Surgery - A. Stefanovska: Zeitschrift fur Naturforschung. A, A Journal of Physical Sciences (IF=0.904) - A. Stefanovska: Contemporary Physics (IF=3.856) - A. Stefanovska: Nonlinear Phenomena in Complex Systems - S. Kovačič: Journal of Computing and Information Technology - B. Likar: Image Analysis and Stereology
	ANG	Members of the research programme were on editorial boards of 8 peer reviewed journals: - F. Pernuš: IEEE Transaction on Medical Imaging (IF=3.94) - F. Pernuš: Pattern Recognition Letters (IF=1.14) - F. Pernuš: Computer-Aided Surgery - A. Stefanovska: Zeitschrift fur Naturforschung. A, A Journal of Physical Sciences (IF=0.904) - A. Stefanovska: Contemporary Physics (IF=3.856) - A. Stefanovska: Nonlinear Phenomena in Complex Systems - S. Kovačič: Journal of Computing and Information Technology - B. Likar: Image Analysis and Stereology
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Uredniški odbori
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	000000

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

I. OBDELAVA IN ANALIZA MEDICINSKIH SLIK

Za namen slikovno podprtih posegov v medicini smo razvili in validirali nove postopke poravnave 3D CT in MR z 2D rentgenskimi slikami. Razvili smo natančnejšo metodo poravnave slik, ki temelji na simetrični soodvistnosti slik. ter protokole za objektivno vrednotenje mer podobnosti za togo in netogo poravnavo slik. Razvili smo nove postopke za odpravljanje svetlostnih nehomogenosti magnetno-resonančnih (MR) in mikroskopskih slik in nove postopke za avtomatsko analizo MR in CT slik hrbtnice, ki omogočajo prikazovanje in objektivno vrednotenje ukrivljenosti hrbtnice in rotacije vretenc v 3D. Opravili smo številne študije vpliva izgubne kompresije na različne postopke analize rentgenskih slik in ugotovili številne pomanjkljivosti in nepravilnosti pri uporabi izgubne kompresije slik.

II. VIZUALNA KONTROLA IZDELKOV

Razvili smo postopke strojnega vida za poravnavo, razgradnjo in analizo slik tablet in kapsul ter njihovo sortiranje v realnem času. Razvili smo postopke za vrednotenje kakovosti in sortiranje LED diod ter za vizualno kontrolo geometričnih in fotometričnih lastnosti gradbenih plošč.

III. ORGANSKE IN ANORGANSKE NANOSTRUKTURE

Kot prvi smo z elektronskim mikroskopom opazovali tvorjenje valjastih nanovesiklov celične membrane. Predlagali smo, da je rast tankih valjastih membranskih izrastkov posledica anizotropnih lastnosti membranskih sestavin in vgrajenih molekul detergenta. Razvili smo enotno teorijo stabilnosti membranskih nanostruktur. Pokazali smo, da je stabilnost tubularnih membranskih nanostruktur povezana z lateralno segregacijo membranskih komponent. Kot posledico anizotropije membrane smo teoretično pojasnili opažene nezvezne prehode med unduliranimi oblikami organskih nanotub. Teoretično smo opisali zavite oblike kolabiranih anorganskih nanotub. Ugotovili smo, da adhezija med fosfolipidnimi membranami, posredovana z molekulami proteinov v okolni raztopini, lahko prepreči vesikulacijo membrane tako, da privede do adhezije izrastka na membrano. Teoretično smo študirali vlogo nanopartiklov z notranjo porazdelitvijo naboja pri posredovanju interakcije med membrano hčerinskega vesikla in matično membrano. Kot prvi smo izdelali fizikalno teorijo, ki upošteva končne razdalje med posameznimi naboji znotraj nanopartikla. Teoretične napovedi smo eksperimentalno preverili s študijem interakcij med naelektrenimi membranami liposomov.

IV. KOMPLEKSNI DINAMIČNI SISTEMI

Z valčno transformacijo smo posplošili bispektralno analizo ter določanje fazne koherence časovnospremenljivih oscilatornih procesov. Parametre nelinearnih stohastičnih modelov smo identificirali z metodo, ki temelji na Bayesovem pravilu, parametre fazne sklopitve med nelinearnimi stohastičnimi oscilatorji pa z metodo na osnovi Markovske analize. Vpeljali smo metodo za določanje smeri sklopitev med oscilatorji ter metodo za preverjanje asimetrije v sklopitvah z uporabo surogatov. Pokazali smo, da obstaja šesta oscilatorna komponenta, ki je odvisna od endotelne aktivnosti. S študijem vpliva lokalne anestezije smo potrdili, da se aktivnost simpatičnega živčevja odraža na frekvenčnem območju 0.04Hz. Potrdili smo vpliv fizične aktivnosti na miogeno aktivnost. Pokazali smo, da je dihanje vodilni oscilator. Analizirali smo dinamiko kardiovaskularnega sistema zdravih oseb in bolnikov s kardiovaskularnimi obolenji. Pokazali smo, da se jakost in smer sklopitve spreminjata v različnih stanjih kardiovaskularnega sistema, kot tudi v odvisnosti od globine anestezije. S kliničnimi študijami smo ugotovili številne spremembe v oscilatornih komponentah in njihovih interakcijah pri kardiovaskularnih obolenjih. Bolniki po akutnem infarktu miokardija imajo zmanjšan pretok skozi ožilje, čeprav ni vidnih kliničnih znakov srčnega popuščanja. Ugotovili smo, da valčna analiza spremenljivosti srčnega ritma pokaže spremembe pri diabetičnih bolnikih še pred kliničnimi znaki.

ANG

I. MEDICAL IMAGE PROCESSING AND ANALYSIS

Methods have been developed for multimodal image registration and for registration of pre-interventional 3D CT and MR images to intra-interventional 2D X-ray images needed for accurate patient localization in image-guided surgery, radiotherapy, radiosurgery or interventional radiology. Methods for restoration of intensity inhomogeneities in MR and microscopic images have been developed. Protocols for evaluating similarity measures in rigid and non-rigid registrations were developed. Methods for automatic analysis of MR and CT spine images were developed that enable efficient visualization and objective quantification of spine curvature and vertebra rotations in 3D. Studies on the impact of lossy image compression on various image analysis tasks revealed numerous shortcomings and flaws in the use of lossy image compression.

II. VISUAL INSPECTION OF PRODUCTS

Methods for registration, segmentation and analysis of images of pharmaceutical tablets and capsules were developed that enable robust quality assurance and sorting in real-time. Methods were developed for quality assessment and sorting of light emitting diodes and for inspection of geometric and photometric properties of roof panels.

III. INORGANIC AND ORGANIC NANOSTRUKTURES

Membrane budding, which may in the final stage lead to pinching off the daughter vesicle from the mother membrane, has been studied by analysing different microscopic images. We were the first to observe by electronic microscope the process of detergent-induced formation of tubular nanoexovesicles of the erythrocyte membrane. To support the hypothesis that development of thin tubular structures is the consequence of anisotropic properties of membrane constituents and membrane-intercalated detergent molecules, we developed a unifying theory of the stability of membrane nanostructures. We showed that the stability of the membrane nanostructures is connected to the lateral segregation of the membrane constituents. We have studied experimentally the adhesion between phospholipid membranes, mediated by protein molecules in the surrounding solution. We found that this process can prevent membrane vesiculation by retention of buds to the mother membrane. We developed a

theoretical description where we were the first to take into account finite distances between charges in the nanoparticle. Theoretical predictions were tested by experimental study of interaction (adhesion) between electrically charged liposomes.

IV. COMPLEX DYNAMIC SYSTEMS

We developed several methods for analyzing the dynamics of coupled oscillators, their interaction, synchronization and direction of coupling. Using the wavelet transform, we generalized the bispectral analysis and method for defining the phase-coherence of time-varying oscillatory processes. We proposed two novel methods for identification of parameters of non-linear stochastic models on the basis of Bayesian inference method and Markov processes. We introduced a novel method for defining the direction of coupling. We showed that in addition to the five known oscillatory components of the blood flow there exists a sixth one. We demonstrated that local as well as global anesthesia significantly reduces oscillations under 0.1Hz in blood flow. We were the first to show that there is a causal connection between the current frequency in breathing phase and the delta oscillation phase of brain waves. We conducted several clinical studies and discovered numerous changes in the oscillatory components and their interactions associated with cardiovascular diseases. We found that after acute myocardial infarction, patients have decreased skin blood flow and flow oscillations, despite having no detectable clinical signs of heart failure. We have also shown that the wavelet transform of heart rate variability data in diabetic patients exhibits changes in spectral components before the occurrence of clinical signs.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

1. PREPOZNAVANOST SLOVENIJE NA ZNANSTVENO-RAZISKOVALNEM PODROČJU

V obdobju 2004-2008 so člani programske skupine objavili 115 člankov v revijah s faktorjem vpliva. Objavili so 127 izvirnih znanstvenih člankov (1.01), 7 preglednih znanstvenih člankov (1.02) in 2 kratka znanstvena prispevka (1.03). V zgornji četrtini revij (A1) je bilo objavljenih 58 (50%) člankov. Skupina je v povprečju objavila 23 člankov na leto, oz. 10 člankov/leto/1FT. Na mednarodno vpetost raziskav kažejo številne publikacije v soavtorstvu z raziskovalci iz 12 držav in 26 različnih inštitucij. Število čistih citatov v zadnjih 5 letih je bilo 1456. Število in kvaliteta člankov sta se odražali v: a) članstvu v uredniških odborih 8 mednarodnih revij, b) predsedovanju odboru za biomedicinske aplikacije mednarodnega združenja IAPR, c) projektih za Philips Medical Systems in ameriški InspireWorks ter svetovanju za multinacionalko Stryker, c) projektoma BRACCIA (A. Stefanovska koordinatorka) in GIACS 6OP, d) 2 COST projektih in 7 bilateralnih projektih, e) članstvu v organizacijskih in programskih odborih mednarodnih konferenc in f) predavanjih na uglednih tujih univerzah, evropskem patentnem uradu ter v podjetjih Siemens Medical Solutions ZDA in Kitajska, Philips in BrainLab.

2. VZGOJA KADRA IN NOVA ŠTUDIJSKA SMER

V okviru programske skupine se je usposabljal in usposobilo 24 doktorjev znanosti in 13 magistrrov. Velika večina se je po usposabljanju zaposlila v industriji in UKC. Tudi na osnovi kvalitetnih raziskav in vzgoji kadra smo na Fakulteti za elektrotehniko, skupaj s skupino prof. Miklavčiča, ustanovili katedro za biomedicinsko tehniko in študijsko smer biomedicinska tehnika na 2. stopnji študija elektrotehnike.

3. PRENOS ZNANJA IZ AKADEMSKEGA OKOLJA V INDUSTRIJSKO

Raziskovali in razvijali smo avtomatske sisteme za vizualno kontrolo kakovosti izdelkov za podjetja Lek, Krka, Iskraemeco, Eta Cerčno, Trimó, Sensus, Hmeljarski inštitut in Zavod za varovanje zdravja. Razvite naprave in orodja pomagajo podjetjem pri izdelavi kakovostnejših in cenejših izdelkov in storitev, s katerimi lahko konkurirajo, obdržijo oz. povečajo delež na zahtevnem svetovnem trgu in povečajo dodano vrednost. Za uspešen prenos znanja v industrijsko okolje smo nekateri člani programske skupine v okviru Tehnološkega parka Ljubljana ustanovili visokotehnološko podjetje SENSUM, ki razvija in trži sisteme z računalniškim vidom za kontrolo izdelkov v farmacevtski industriji. SENSUM se tudi s pomočjo uspešnega sodelovanja s programsko skupino razvija v vodilno podjetje na svetu za vizualno kontrolo kakovosti tablet.

4. PRENOS ZNANJA IZ AKADEMSKEGA OKOLJA V MEDICINSKO

Philips Medical Systems je odkupil postopek za odpravljanje svetlostnih nehomogenosti v MR slikah. Za isti postopek je zaprosila tudi ustanova National Institute of Health, ZDA. Za Philips smo razvili algoritem za povezovanje segmentov debelega črevesa na CT slikah, ki se lahko uporabi v virtualni kolonoskopiji. Ocenjevanje kolčnega sklepnega tlaka uporabljajo na ortopedski kliniki v Ljubljani pri načrtovanju zdravljenja, pri odločitvah o operativnem zdravljenju in pri izbiri vrste operacije. Metoda je preprosta in ne predstavlja dodatne

obremenitve za bolnike. Merilni sistem CARDIOSIGNALS je v uporabi na dveh oddelkih UKC. Nadgrajujemo ga v inovativni sistem za določanje globine anestezije. Rezultati raziskav na področju membranskih nanostruktur so uporabni pri iskanju učinkovitih, na molekularnem in celičnem nivoju zasnovanih, metod pri zdravljenju rakastih obolenj ter pri reševanju perečih ekoloških problemov v zvezi z detergenti v našem morju in rekah.

5. PRENOS ZNANJA IZ AKADEMSKEGA OKOLJA V ŠPORT

Analiza športnih posnetkov v namene analize športnih dosežkov ter raziskovanja zakonitosti, ki krojijo uspeh športnikov, lahko koristijo našim vrhunskim športnikom v individualnih in skupinskih športih. Tesno sodelujemo s Fakulteto za šport pri analizi gibanja rokometišev, košarkašev in igralcev squasha med tekmo oz. treningom.

ANG

1. PROMOTION OF SLOVENIA THROUGH HIGH-QUALITY RESEARCH

From 2004 to 2008 researchers have published 115 papers in peer reviewed journals with an impact factor. Half of these papers (58) were published in top 25% of journals in a category. On the average the research group has published 23 papers per year or 10 papers/year/FT researcher. Many of the papers were co-authored by established researchers that came from 12 countries and 26 institutions. In the last 5 years papers authored by the researchers were cited 1456 times. The number and quality of publications resulted, among others, in: a) editorship of 8 peer reviewed journals, b) chairing of the Biomedical Image Analysis TC of IAPR, c) projects for Philips Medical Systems, The Netherlands and InspireWorks, USA and consulting for Stryker, Switzerland, d) projects BRACCIA (A. Stefanovska coordinator) and GIACS of the 6FP, e) 2 COST and 7 bilateral projects, f) organizing and program committee memberships of international conferences, g) invited talks at several universities (Harvard, Yale, ETH, Oxford, etc.) European Patent Office, Siemens USA and China, Philips and BrainLab.

2. EDUCATION OF SCIENTISTS AND RESEARCHERS

The research program members have supervised 24 PhD and 13 Master students who all successfully finished. The majority found employment in industry and the University Clinical Center. Based also on the quality of past research and the large number of students educated by the researchers, the Biomedical Engineering Department and graduate Biomedical Engineering study program have been established, together with the group of prof. Miklavčič, at the Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.

3. KNOWLEDGE TRANSFER FROM ACADEMIA TO INDUSTRY

Research in the period from 2004 to 2008 resulted in the development of methods and systems for automated visual inspection of products for Slovenian companies like Lek, Krka, Eta, Trimo, Sensum, etc. The developed systems and tools are helping these companies in the production of higher quality and cheaper products and services, to become more competitive and thus keep or increase their share on the world market, and to increase the added value of their products. To more successfully transfer knowledge from academia to industry some researchers of the group have founded a high-tech company SENSUM that develops, markets and sells visual inspection systems to the pharmaceutical industry. It is also the good research collaboration between the group and SENSUM that help the latter to develop into one of the leading companies in the world that produce machines for visual inspection of tablets and capsules.

4. KNOWLEDGE TRANSFER FROM ACADEMIA TO HEALTH CARE

Philips acquired the method for intensity inhomogeneity correction. The method has also been transferred to National Institute of Health, USA. For Philips we have developed some algorithms for connecting colon segments visible on CT images for the purpose of virtual colonoscopy. The hip stress distribution evaluation methodology is used at the Orthopaedic Clinic of the University Clinical Center (UCC) Ljubljana for therapy and surgery planning. The measurement system CARDIOSIGNALS is used at two departments of UCC and is being upgraded into a system for measuring the depth of anesthesia. The results in the area of membrane nanostructures are applicable to the search for efficient, on molecular and cellular levels founded, methods for cancer treatment and for ecologic problems related to detergents in sea and rivers.

5. KNOWLEDGE TRANSFER FROM ACADEMIA TO SPORTS

We have developed a system that, based on the analysis of the video tape of a sports game, gives information on distances traveled per match, how does a player's velocity and acceleration vary during a match, what are the major differences in the dynamics of losers and winners, etc. In collaboration with the Faculty of Sports we use this system to analyze the motion of handball, basketball and squash players.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	13	3
- doktorati	24	15
- specializacije		
Skupaj:	37	18

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	9	2	
- gospodarstvo	5	11	
- javna uprava	1		
- drugo	9		
Skupaj:	24	13	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	IEEE Transactions on Medical Imaging (IEEE); F. Pernuš Associate Editor.	
2.	Pattern Recognition Letters (Elsevier); F. Pernuš Associate Editor	
3.	Computer-Aided Surgery (Taylor & Francis); F. Pernuš Editorial Board	
4.	Electrotechnical Review; F. Pernuš Editorial Board	
5.	Zeitschrift fur Naturforschung. A, A Journal of Physical Sciences; A. Stefanovska Advisory Board	
6.	Contemporary Physics (Taylor & Francis); A. Stefanovska Editorial Board	
7.	Nonlinear Phenomena in Complex Systems; A. Stefanovska International Advisory Board	
8.	Journal of Computing and Information; S. Kovačič Editor	
9.	Image Analysis and Stereology; B. Likar Editorial Board	
10.	Membrane science and technology series (Elsevier)	

*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	2

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	2
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	
Skupaj:	4

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

<p>FP6:</p> <ul style="list-style-type: none">- GIACS, FP-6-NEST pathfinder- BRACCIA, FP-6-NEST pathfinder, A. Stefanovska Coordinator <p>COST:</p> <ul style="list-style-type: none">- B21, Physiological modelling of MR image formation- Theory and Simulation of Protein-Lipid Interactions <p>EUREKA:</p> <ul style="list-style-type: none">-EI3450 qSPAI, Quality control in the production line of sandwich panels with AI methods <p>Deutscher Akademischer Austauschdienst - DAAD:</p> <ul style="list-style-type: none">-projekt (I.2004): Anisotropic properties of membranes <p>BILATERALNI PROJEKTI:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ameriško-slovenski: Biomechanics of anisotropic phospholipid bilayers (BI-US/05-06/014)- Češko-slovenski: Kvantitativno vrednotenje interakcij v kardiovaskularnem sistemu- Češko-slovenski: Clinically oriented biomechanical analysis of aseptic necrosis of femoral head (BI-CZ/07-08-006)- Italijansko-slovenski: Analiza in nadzor bioloških sistemov.- Indijsko-slovenski: The influence of anisotropy and electric charge of the membrane constituents on budding and domain formation in bilayer membranes (BI-IN/06-07-003)- Avstrijsko-slovenski: Biologically relevant non-lamellar lipid phases (SI-AT/07-08/ 022)- Norveško-slovenski. Slikovna poravnava časovnih nizov 3D DCE-MR slik, 2007-2009. <p>PROJEKTI S TUJIMI UNIVERZAMI in INŠTITUTI:</p> <ul style="list-style-type: none">-projekt med Bolgarsko akademijo znanosti in Slovensko akademijo znanosti in umetnosti: Analysis of shape fluctuations of lipid vesicles - a tool for the study of the properties of their membranes (2008/2009).- Abo Akademi University Abo, Abo/Turku, Finland (Ella & Georg Ehrnroth Foundation: Skeleton-bilayer interactions and activity of multidrugresistance pump activity in human erythrocytes.- Abo Akademi University, Abo/Turku, Finland (National Foundation for Cultural Support, Finland): Membrane dynamics in erythrocytes.- Abo Akademi University, Abo/Turku, Finland (Paulo Foundation, Finland): Effect of alteration in membrane dynamical properties on multidrugresistance efflux pump activity in human erythrocytes.- University of Lancaster in Royal Lancaster Infirmary, UK, (The Wellcome Trust): Nonlinear dynamics of congestive heart failure and hypertension.
--

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

<p>Iz projektov za uporabnike, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS, smo v obdobju 2004-maj 2008 pridobili 469.641 Evrov (EU 66.020; MED 240.443; GOSP 145.807; MIN 17.371).</p> <p>Mednarodni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Model-Based Segmentation, Philips Medical Systems, Best, Nizozemska- Sports Tracking, InspireWorks Inc., ZDA <p>Domači:</p> <ul style="list-style-type: none">- Avtomatska vizualna kontrola kakovosti tablet in kapsul, Krka d.d.- Avtomatska vizualna kontrola kakovosti tablet in kapsul, Lek d.d.- Razvoj sistema za avtomatsko vizualno kontrolo tablet in kapsul, Sensum d.o.o.
--

- Računalniško planiranje operacij, Ortopedska klinika in Klinični oddelek za travmatologijo, Univerzitetni klinični center, Ljubljana
- Avtomatizirano vizualno pregledovanje gradbenih plošč, Trimo d.d., v okviru projekta qSPAI Eureka, 2004-2007.
- APSIS: 459/07/V TP MIR 07/13 - Avtomatsko plovilo za meritve in logistiko, HarphaSea d.o.o. in konzorcij podjetij, 2007-2009.
- M2-0156: CIVaBiS - Celovit inteligentni varnostni biometrični sistem (skupaj s Špica International d.o.o.- nosilec, in IJS), 2005-07.
- M3-0233: PDR - Poveljnikova desna roka (skupaj s Špica International d.o.o. - nosilec, in IJS), 2007-09.

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.)

F. Pernuš, B. Likar in R. Bernard: soustanovitelji visokotehnološkega podjetja SENSUM d.o.o. - Sistemi z računalniškim vidom (www.sensum.eu)

R. Bernard: Direktor podjetja SENSUM d.o.o.

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)¹³

Naslov	Izbrana poglavja iz biofizike. I. Teoretične osnove
Opis	Učbenik je namenjen študentom zdravstvenih in tehničnih fakultet, ki v svojih programih vključujejo biofiziko, kot tudi vsem, ki želijo spoznati eno od možnih poti v teoretični opis bioloških sistemov. Učbenik obsega opis interakcij med gradniki, ki sestavljajo biološke sisteme, osnove klasične in statistične termodinamike ter uporabo klasične in statistične termodinamike pri opisu elektrostatičnih lastnosti membran in celic.
Objavljeno v	KRALJ-IGLIČ, Veronika, IGLIČ, Aleš. Izbrana poglavja iz biofizike. 1, Teoretične osnove. 1. izd. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2008.
COBISS.SI-ID	242107136

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

Naslov	Izgubna kompresija slik
Opis	V diskusijskem prispevku avtorji opozarjajo na pomembne vidike kompresijskega razmerja pri izgubni kompresiji radioloških slik. Ti vidiki so v mnogih študijah evalvacije izgubne kompresije radioloških slik zanemernjene.
Objavljeno v	FIDLER, Aleš, LIKAR, Boštjan, RINGL, Helmut Rupert. What is wrong with compression ratio in lossy image compression?. Radiology, Oct. 2007, vol. 245, no. 1, str. 299-300.
COBISS.SI-ID	6102100

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

1.	Naslov predmeta	Vzporedni sistemi Strojni vid
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij podiplomski študij
	Naziv univerze/	Univerza v Ljubljani / FE

	fakultete	
2.	Naslov predmeta	Obdelava in analiza biomedicinskih slik
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani / FE
3.	Naslov predmeta	Analiza nelinearnih dinamičnih sistemov
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani / FE
4.	Naslov predmeta	Izbrana poglavja iz fizike mehkih snovi Izbrana poglavja iz biomehanike v kirurgiji in rehabilitaciji
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani / FE Univerza v Ljubljani, univerzitetni doktorski program/Biomedicina
5.	Naslov predmeta	Sodobne slikovne tehnike
	Vrsta študijskega programa	podiplomski študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani / FE
6.	Naslov predmeta	Biomedicinska informatika in diagnostika
	Vrsta študijskega programa	univerzitetni študij
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani / FE
7.	Naslov predmeta	Statistična procesna kontrola
	Vrsta študijskega programa	visokošolski strokovni program
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Ljubljani / FE

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" 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"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
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"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
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"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
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"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
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"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar¹⁵

--

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. pooblaščen osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Franjo Pernuš	in/ali	Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
		Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

Kraj in datum:

Ljubljana

19.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/1379

¹ 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](#)

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

³ 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](#)

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

⁴ 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](#)

⁵ 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 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](#)

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

⁷ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹⁰ 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](#)

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

¹² 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](#)

¹³ 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](#)

¹⁴ 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 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](#)

¹⁵ 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