

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/87



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2023
Naslov projekta	Kalibracija in analiza NIR hiperspektralnih slik
Vodja projekta	15678 Boštjan Likar
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	9303
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	2294 Sensum, sistemi z računalniškim vidom d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.02
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Zgradba tipičnih farmacevtskih izdelkov, kot so tablete in kapsule, je kompleksna in običajno poleg ene ali več aktivnih vključuje še številne pomožne sestavine. Na terapevtske lastnosti zdravila bistveno vpliva porazdelitev sestavin, zato je poznavanje sestave in porazdelitve posameznih sestavin izjemnega pomena za varnost in kakovost zdravil. Da bi prišlo do boljšega

razumevanja proizvodnega procesa je FDA (Food and Drug Administration) leta 2002 izdala smernice (PAT – Process Analytical Technologies) za prenos in uporabo analitičnih orodij v proizvodnem procesu. Spektroskopija bližnjega infrardečega območja (NIR) se je zaradi svoje vsestranskosti hitro uveljavila kot glavno analitično orodje PAT pobude. Izkazala se je kot praktično orodje za identifikacijo surovin, nadzorovanje procesa mešanja in analizo tablet. Žal pa zaradi pomanjkanja prostorske informacije ni primerna za vrednotenje prostorske zgradbe in homogenosti farmacevtskih vzorcev. Za določitev prostorske porazdelitve posameznih substanc je potrebno zajeti celotno polje NIR spektrov, torej NIR hiperspektralne slike. Te lahko zajamemo v realnem času z AOTF filtri (akustično-optično nastavljivi filtri), vendar je za učinkovito in zanesljivo analizo sestave in prostorske porazdelitve slikanih izdelkov potrebno razviti nove postopke za sistemsko kalibracijo in analizo NIR hiperspektralnih slik v realnem času. Na ta način bo mogoča hitra, učinkovita, 100 %, brezkontaktna, nedestruktivna in okolju prijazna analiza različnih izdelkov. V predlaganem projektu smo se osredotočili na razvoj novih in učinkovitih metod za avtomatsko spektralno in prostorsko kalibracijo sistema za NIR hiperspektralno slikanje, razvoj novih metod za avtomatsko, brezkontaktno in nedestruktivno analizo vsebnosti in porazdelitve sestavin v različni farmacevtskih izdelkih in mešanicah ter razvoj postopkov za validacijo delovanja hiperspektralnega slikovnega sistema. Kalibracijo naprav smo izvedli s posebnimi časovno stabilnimi kalibracijskimi objekti s prostorsko in valovno izrazitimi lastnostmi ter z novimi algoritmi za avtomatsko kalibracijo. Razvoj takšnih postopkov bo omogočal izvedbo sodobnih visokotehnoloških nadzornih sistemov in naprav za neprestano spremljanje, razumevanje, vodenje in izboljševanje proizvodnih procesov v skladu s PAT direktivo, kar se bo odražalo v višji kakovosti in varnosti izdelkov, večji produktivnosti, nižjih obratovalnih stroških in okolju prijaznejši proizvodnji. Poleg tega bodo taki sistemi uporabni tudi v številnih drugih industrijskih panogah, predvsem v prehranski industriji ter na številnih biomedicinskih področjih.

ANG

Typical pharmaceutical products such as tablets and capsules are complex products, containing one or more active pharmaceutical ingredients (APIs), binders, lubricants, disintegrants and other materials. The major factors affecting the therapeutical performance of a drug are the composition and distribution of the ingredients in the final form. Therefore, the composition of pharmaceutical products and spatial distribution of individual components is of the utmost importance for the quality and safety of medicaments. In order to gain more information and better understanding of the critical manufacturing process parameters, the American Food and Drug Administration (FDA) has since 2002 started with the Process Analytical Technology (PAT) initiative. Because of the information content and flexible implementation, near infrared (NIR) point spectroscopy has quickly become the workhorse technique of the initiative. The technique has been proved to be a practical tool for identification of raw materials, monitoring of blend uniformity and analysis of intact tablets. However, because of the lack of spatial information, it is not suitable for assessing the highly critical spatial composition and structure of the pharmaceutical products. Deriving spatial distribution of individual components requires the acquisition of an array of NIR spectra, i.e. NIR hyperspectral images. These can be acquired in real-time, using AOTF filters (acousto-optical tunable filters) and NIR cameras. However, in order to extract reliably the critical information on the composition and spatial distribution of the individual components, novel techniques for system calibration and evaluation integrated with novel methods for real-time analysis of the hyperspectral images need to be developed. In this way, fast, efficient, 100%, contactless, nondestructive and environment-friendly analysis, applicable for quality inspection of various products in mass industrial production, can be achieved. In the proposed applied project, we focussed on the development of new efficient methods for automatic geometry and wavelength calibration of NIR hyperspectral imaging systems, new methods for automatic, contactless and nondestructive analysis of composition and spatial distribution of compact pharmaceutical products and blends, and procedures for evaluating and monitoring the performance of the hyperspectral imaging systems. The calibration was carried out with special temporally stable calibration objects with distinctive spatial and wavelength features and by developing new algorithms for automatic system calibration. The development and integration of such methods will enable construction of modern high-tech control systems and instruments for simultaneous monitoring, understanding and optimizing the pharmaceutical production processes according to the PAT initiative, resulting in higher quality and safety of products, higher productivity, lower costs, and environment-friendly production. Additionally, such systems could be easily applied to many other industrial branches, especially in the food industry, and in many fields of biomedicine.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Skladno z načrtom uresničevanja projekta smo se predvsem na izgradnjo sodobnega sistema za NIR hiperspektralno slikanje. Uporabili smo zanesljive in visoko občutljive InGaAs NIR kamere, ki omogočajo zajem do nekaj sto slik na sekundo, in akustično-optično nastavljive filtre (AOTF), ki omogočajo izbiro do 20.000 valovnih dolžin na sekundo. Tak sistem omogoča hiter zajem tako makroskopskih kot mikroskopskih hiperspektralnih slik. To je še posebej pomembno za razvojne in raziskovalne namene, kjer so valovne in prostorske lastnosti vzorcev običajno še neznane, prav tako pa tudi za industrijsko uporabo, saj sistem omogoča hiter zajem NIR hiperspektralnih slik za 100 % kontrolo vseh proizvedenih izdelkov.

Razvili in implementirali smo programsko knjižnico, ki omogoča popolni nadzor vseh bistvenih funkcij sistema za hiperspektralno slikanje, potrebnih za razvoj postopkov kalibracije in obdelave hiperspektralnih slik.

Zelo pomembno vlogo pri sistemu za NIR hiperspektralno slikanje igra izbira in postavitve svetil, ki morajo omogočati preprosto implementacijo meritev prepustnosti in odbojnosti na celotnem NIR valovnem področju. V ta namen smo zasnovali in razvili novo svetilo za difuzno hiperspektralno slikanje v vidnem in NIR področju elektromagnetnega valovanja. Svetilo je zasnovano na podlagi halogenskih svetil in posebne difuzijsko-refleksijske komore, je zelo prilagodljivo in omogoča meritve odbojnosti in prepustnosti različnih snovi in izdelkov, kot so npr. farmacevtske mešanice, pelete, tablete in kapsule.

Sistemi za NIR hiperspektralno slikanje namenjeni za industrijske aplikacije morajo predvsem omogočiti stabilno dolgoročno obratovanje, zajem kakovostnih slik ter združljivost spektrov zajetih z različnimi sistemi in združljivost spektralnih zbirk posameznih sistemov. To smo dosegli z razvojem novih metod za kalibracijo sistemov za NIR hiperspektralno slikanje, saj so obstoječe kalibracijske metode bile razvite zgolj za potrebe NIR točkovnih spektrometrov, vezane so na postopke obdelave spektrov ter ne omogočajo preproste izmenljivosti zajetih spektrov in spektralnih zbirk. Razviti postopek kalibracije sistemov temelji na razbitju kalibracije na dva neodvisna koraka. Prvi, t.j. sistemsko odvisni, korak kalibracije zagotavlja združljivost spektrov in spektralnih zbirk zajetih z različnimi sistemi. Ta korak omogoča kvalitativne aplikacije, za kvantitativne aplikacije pa smo izvedli še drugi, t.j. sistemsko neodvisni, korak kalibracije, ki temelji na izpeljanih veličinah, in je podoben kalibraciji NIR točkovnih spektrometrov ter zagotavlja točnost iz hiperspektralnih slik izračunanih kvantitativnih podatkov. Prvi korak kalibracije smo izvedli s pomočjo posebnih časovno stabilnih kalibracijskih objektov s prostorsko in valovno izrazitimi lastnostmi, ki omogočajo natančno valovno, svetlostno, občutljivostno in prostorsko kalibracijo sistemov za NIR hiperspektralno slikanje z AOTF. Z vgradnjo kalibracijskega sistema in algoritmov za avtomatsko spektralno in prostorsko kalibracijo v sisteme za hiperspektralno slikanje smo zagotovili točno in dolgotrajno stabilno zajemanje hiperspektralnih slik. Drugi korak kalibracije je potreben za sisteme namenjene za kvantitativno analizo vzorcev. Ta kalibracijski korak je tesno povezan z algoritmi za kvantitativno analizo hiperspektralnih slik, katerih glavna naloga je, da na podlagi referenčnih analiz vzorca najdejo kar se da dobro oceno za zvezo med referenčnimi podatki in informacijo skrito v zajetih hiperspektralnih slikah. Postopek kvantitativne kalibracije temelji na vzorcih iz različnih proizvodnih serij z zadostno variabilnostjo merjene lastnosti in pripadajočega proizvodnega procesa ter ustreznimi referenčnimi meritvami, ki zagotavljajo natančne analitične podatke o vzorcu. V ta namen smo dopolnjevali laboratorijsko bazo vzorcev farmacevtskih mešanic, pelet, tablet in kapsul, ki smo jih pridobili preko naši partnerjev iz farmacevtskih podjetij.

Opisani postopek dvostopenjske kalibracije je mogoče relativno preprosto prenesti še na druge tipe sistemov za NIR hiperspektralno slikanje ter zagotavlja dolgotrajno stabilno delovanje, združljivost spektrov zajetih z različnimi sistemi in združljivost spektralnih zbirk posameznih sistemov, kar je nujno potrebno za večini industrijskih aplikacij. Podrobno smo analizirali in testirali delovanje obstoječih kvalitativnih in kvantitativnih algoritmov za obdelavo in analizo hiperspektralnih slik z namenom, da bi izboljšali učinkovitost in statistično zanesljivost algoritmov prvotno namenjenih za NIR točkovno spektroskopijo, ki temeljijo le na nekaj zajetih spektrih. NIR hiperspektralne slike namreč vsebujejo več tisoč spektrov in zato omogočajo uporabo robustnih kvalitativnih in kvantitativni algoritmov za obdelavo podatkov. Omenjeni algoritmi v celoti zanemarjajo prostorsko informacijo in zato niso primerni za analizo strukture in homogenosti vzorcev. Zato smo pričeli z razvojem bolj splošnih postopkov, ki temeljijo na v realnem času zajetih hiperspektralnih slikah in statističnem predznanju o vzorcu in njegovih sestavinah.

Potrebno je bilo najti učinkovito in zanesljivo tehnično izvedbo sistema za hiperspektralno slikanje, primerno za industrijsko okolje. Vrednotenje postopkov za obdelavo hiperspektralnih slik je potekalo na zgrajeni zbirki vzorcev in spektrov, ter je bilo v veliki meri neodvisno od razvoja in izvedbe industrijskega sistema za hiperspektralno slikanje. Izkazalo se je, da je točnost podatkov pridobljenih z metodami za obdelavo hiperspektralnih slik predvsem odvisna od kakovosti valovne in prostorske kalibracije hiperspektralnega sistema. To dejstvo kaže, da so bili postopki za valovno in prostorsko kalibracijo razviti tekom drugega leta izvajanja projekta ključnega pomena za izgradnjo industrijskega sistema.

V okviru izgradnje prototipnega industrijskega sistema za hiperspektralno slikanje smo se osredotočili na dva pomembna podsklopa, in sicer tehnično izvedbo prototipnega sistema ter dodatno izpopolnitev in prilagoditev metod za kalibracijo in validacijo sistemov za hiperspektralno slikanje razvitih v prvem oziroma drugem letu izvajanja projekta. Oba podsklopa sta izjemno pomembna za zagotavljanje nemotenega in zanesljivega delovanja sistemov v industrijskem okolju. Kot najbolj praktična in učinkovita se je izkazala izvedba sistema za hiperspektralno slikanje z linijskim spektrografom, ki omogoča hkratni zajem spektralne in prostorske informacije v eni dimenziji. Prednost izvedbe sistema s spektrografom pred sistemi z AOTF je predvsem v krajšem času zajema, boljši spektralni ločljivosti, širšem spektralnem območju ter preprostejši izvedbi svetil. Prototipni sistem temelji na NIR spektrografu in hitri InGaAs kameri občutljivo na spektralnem območju od 900 nm do 1700 nm. Izkazalo se je, da je mogoče z uporabo MCT kamer koristno spektralno območje brez uporabe dodatnih optičnih gradnikov razširiti do 2200 nm. Razširjeno spektralno območje je še posebej primerno za merjenje vlage v farmacevtskih vzorcih, omogoča pa tudi natančnejšo in točnejšo kvalitativno in kvantitativno analizo vzorcev na podlagi spektralnega odziva vzorcev na območju od 1700 nm do 2200 nm. S prototipnim sistemom je ob uporabi posebnih 100 W širokospektralnih halogenskih svetil mogoče zajeti tudi sto hiperspektralnih linij visoke prostorske in spektralne ločljivostjo na sekundo. Hitrost zajema je primerljiva s sistemi s strojnim vidom, ki obratujejo v vidnem spektralnem območju, zato je tak sistem mogoče brez večjih težav uporabiti tudi v obstoječih sistemih s strojnim vidom.

Posebna pozornost pri izdelavi prototipa je bila namenjena tudi kalibraciji in validaciji kalibracije sistema za hiperspektralno slikanje. Ker gre pri sistemu na podlagi spektrografa za nekoliko drugačno tehnično rešitev od AOTF, je bilo potrebno postopke za valovno in prostorsko kalibracijo hiperspektralnih sistemov razvitih tekom prvih dveh let izvajanja projekta, nekoliko prilagoditi. Za ta namen smo razvili in dopolnili obstoječe postopke za valovno in prostorsko kalibracijo hiperspektralnih sistemov ter razvili posebne kalibre, ki omogočajo hiter in ponovljiv zajem tako valovnih kot prostorskih lastnosti sistema. Kalibri temeljijo na uporabi pasivnih gradnikov z izrazitimi prostorskimi in valovnimi lastnostmi. Zgrajeni so tako, da jih je mogoče vgraditi neposredno v sistem s hiperspektralnim slikanjem, kjer zagotavljajo neprestano samovalidacijo valovne in prostorske kalibracije.

V zaključni fazi izvajanja projekta smo se osredotočili predvsem na sistematično evalvacijo prototipnega industrijskega sistema za hiperspektralno slikanje, ki je temeljila na uporabi vzorcev in spektrov iz zgrajene zbirke vzorcev. Izkazalo se je, da sistem omogoča točne in ponovljive meritve ter zanesljivo in nemoteno delovanje. Razviti sistem za hiperspektralno slikanje je primeren tako za samostojno uporabo, kot tudi za razširitev funkcionalnosti obstoječih sistemov s strojnim vidom.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Stopnja realizacije zastavljenih ciljev je skladna z načrtom uresničevanja projekta, poleg tega pa smo tekom izvajanja projekta uspeli razviti številne nove učinkovite metode za kalibracijo hiperspektralnih sistemov in analizo hiperspektralnih slik ter jih objaviti v uglednih SCI revijah, in sicer v »Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems« z IF 2.222, »Applied Optics« z IF 1.703 ter tri članke v »Applied Spectroscopy« z IF 1.666.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Ni bilo večjih sprememb.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	7599956	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Spektralna kalibracija in karakterizacija AOTF spektrometrov in hiperspektralnih slikovnih sistemov
		<i>ANG</i>	Spectral characterization and calibration of AOTF spectrometers and hyperspectral imaging systems
	Opis	<i>SLO</i>	Razvili smo novo metodo za sistemsko karakterizacijo in kalibracijo AOTF spektrometrov in hiperspektralnih slikovnih sistemov, ki poleg učinkovite in praktično uporabne karakterizacije in kalibracije omogoča tudi ovrednotenje spektralne ločljivosti v vseh točkah hiperspektralnega slikovnega sistema. Članek je bil objavljen v SCI reviji iz IF 1.940, ki jo uvršča v 1. četrtino revij na večih znanstvenih področjih.
		<i>ANG</i>	A new method for characterization and calibration of AOTF spectrometers and hyperspectral imaging systems was developed. Besides efficient and practical characterization and calibration, the proposed method enables simultaneous spectral resolution assessment over the entire imaging plane. The paper was published in the SCI journal with IF of 1.949, which ranks in the first quarter in many scientific fields.
	Objavljeno v	Elsevier; Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems; 2010; Vol. 101, no. 1; str. 23-29; Impact Factor: 2.222; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.09; A': 1; WoS: AC, EA, EP, OA, PO, XY; Avtorji / Authors: Katrašnik Jaka, Bürmen Miran, Pernuš Franjo, Likar Boštjan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	7703892	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Geometrijska kalibracija hiperspektralnih sistemov
		<i>ANG</i>	Geometric calibration of a hyperspectral imaging system
	Opis	<i>SLO</i>	Razvili smo novo metodo za učinkovito geometrijsko kalibracijo hiperspektralnih slikovnih sistemov z akusto-optičnimi nastavljenimi filtri (AOTF), ki omogoča togo, afino in netogo poravnavo dvodimenzionalnih slik iz tridimenzionalne hiperspektralne kocke. Metoda temelji na preslikavi z B-zlepki. Vrednotenje je bil izvedeno na hiperspektralnih slikah zajetih z AOTF. Rezultati so pokazali uporabnost geometrijske kalibracije hiperspektralnih slikovnih sistemov, saj je predlagana kalibracija zanesljiva in omogoča geometrijsko kalibracijo s točnostjo pod velikostjo slikovnega elementa.
		<i>ANG</i>	A new method for geometrical calibration of hyperspectral imaging systems based on acousto-optic tunable filter (AOTF) was developed. The method enables rigid, affine and nonrigid registration of twodimensional images from tridimensional hyperspectral cube. The method is based on B-splines. The evaluation was carried out on hyperspectral images acquired by the AOTF. The results indicated the feasibility of geometrical calibration of hyperspectral imaging systems as the proposed calibration was found reliable and enable geometrical calibration with the sub-pixel accuracy.
	Objavljeno v	Optical Society of America; Applied optics; 2010; Vol. 49, no. 15; str. 2813-2818; Impact Factor: 1.703; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.753; WoS: SY; Avtorji / Authors: Špiclin Žiga, Katrašnik Jaka, Bürmen Miran, Pernuš Franjo, Likar Boštjan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	8262740	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Spektralna karakterizacija bližnje infrardečega hiperspektralnega sistema

		na podlagi AOTF z uporabo standardnih kalibracijskih materialov
	ANG	Spectral characterization of near-infrared acousto-optic tunable filter (AOTF) hyperspectral imaging systems using standard calibration materials
Opis	SLO	Razvili smo nov postopek za spektralno karakterizacijo bližnje infrardečega hiperspektralnega sistema na podlagi akusto-optičnega nastavljivega filtra (AOTF) z uporabo standardnih kalibracijskih materialov. Postopek temelji na presvetlitvi standardnega materiala s širokospektralnim virom in avtomatski poravnavi zajetih spektrov na referenčni spekter. Rezultati so pokazali, da je točnost valovne kalibracije reda 0.5 nm, postopek pa je tudi robusten in hiter in kot tak primeren za rutinsko karakterizacijo in validacijo različnih hiperspektralnih slikovnih sistemov.
	ANG	A new method for spectral characterization of near-infrared acousto-optic tunable filter (AOTF) hyperspectral imaging systems using standard calibration materials was developed. The method is based on trans-illumination of standard material with broadband light source and automatic registration of the acquired and the reference spectra. The results indicated the accuracy in the order of 0.5 nm as well as high robustness and speed, which make the method suitable for routine characterization and validation of different hyperspectral imaging systems.
Objavljeno v		Society for Applied Spectroscopy.; Applied spectroscopy; 2011; Vol. 65, no. 4; str. 393-401; Impact Factor: 1.663;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.379; A': 1; WoS: OA, XQ; Avtorji / Authors: Bürmen Miran, Pernuš Franjo, Likar Boštjan
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	9507924 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Avtomatski postopek kalibracij hiper-spektralnih sistemov zgrajenih na podlagi spektrografa
	ANG	Automated model-based calibration of short-wavelength infrared (SWIR) imaging spectrographs
Opis	SLO	Hiper-spektralnimi sistemi na podlagi spektrografa izstopajo po hitrem zajemu in dobrem razmerju med signalom in šumom zajetih slik. Po drugi strani pa so, zaradi neidealnosti uklonskega sistema, leč in ostalih optičnih gradnikov, zajete hiper-spektralne slike pogosto popačene v prostorski in spektralni smeri. Omenjena popačenja pomembno omejujejo točnost in natančnost analize zajetih slik, zato jih je potrebno odstraniti. V ta namen smo razvili nov postopek kalibracije, ki temelji na uporabi dve pasivnih kalibracijskih vzorcev, ki poskrbita za neodvisno karakterizacijo popačenj v prostorski in spektralni smeri. Rezultati validacije predlaganega postopka kažejo, da je nov kalibracijski pristop izjemno točen in natančen, ter hkrati primeren za uporabo v številnih standardnih slikovnih postavitvah.
	ANG	Among the variety of available hyperspectral imaging systems, the line-scan technique stands out for its short acquisition time and good signal-to-noise ratio. However, due to imperfections in the camera lens and, in particular, optical components of the imaging spectrograph, the acquired images are spatially and spectrally distorted, which can significantly degrade the accuracy of the subsequent hyperspectral image analysis. In this work, we propose and evaluate an automated method for correction of spatial and spectral distortions introduced by a line-scan hyperspectral imaging system operating in the short wavelength infrared (SWIR) spectral range from 1000 nm to 2500 nm. The proposed method is based on non-rigid registration of the distorted and reference images corresponding to two passive calibration objects. The results of the validation show that the proposed method is accurate, efficient, and applicable for calibration of line-scan hyperspectral imaging systems. Moreover, the design of the method and of the calibration objects allows integration with systems

		operating in diffuse reflectance or transmittance modes.
	Objavljeno v	Society for Applied Spectroscopy.; Applied spectroscopy; 2012; Vol. 66, no. 10; str. 1128-1135; Impact Factor: 1.663; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.379; A': 1; WoS: OA, XQ; Avtorji / Authors: Kosec Matjaž, Bürmen Miran, Tomažević Dejan, Pernuš Franjo, Likar Boštjan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	8105556 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Dekonvolucija v AOTF spektrometriji
		<i>ANG</i> Deconvolution in AOTF spectrometry
	Opis	<i>SLO</i> Razvita je bila metoda za izboljšanje spektralne ločljivosti spektrometrov in hiperspektralnih slikovnih sistemov, ki temeljijo na akustično nastavljenih optičnih filtrih. Metoda je bila preizkušena na spektrih živosrebrno-argonskega kalibracijskega svetila s točno določenimi spektralnimi črtami.
		<i>ANG</i> A method has been developed that improves the spectral resolution of spectrometers and hyperspectral imaging systems based on acoustic optic tunable filters. The method has been tested on the spectra of mercury-argon calibration lamp with spectral lines.
	Objavljeno v	Society for Applied Spectroscopy.; Applied spectroscopy; 2010; Vol. 64, no. 11; str. 1265-1273; Impact Factor: 1.729; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.273; A': 1; WoS: OA, XQ; Avtorji / Authors: Ktrašnik Jaka, Pernuš Franjo, Likar Boštjan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	0 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Integracija prototipnega laboratorijskega sistema za hiperspektralno slikanje
		<i>ANG</i> Integration of lab prototype for hyperspectral imaging
	Opis	<i>SLO</i> Usposobili smo prototipni laboratorijski sistem za hiperspektralno slikanje, ki omogoča zajemanje hiperspektralnih slik v vidnem in NIR področju spektra elektromagnetnega valovanja. Uporaba prototipnega sistema bo omogočila številne bazične in aplikativne raziskave na različnih področjih, predvsem pa na področju biomedicine in farmacevtske industrije.
		<i>ANG</i> The lab prototype for hyperspectral imaging was implemented. The prototype system enables the acquisition of hyperspectral images in the visible and NIR part of the electromagnetic spectrum. The system will be used for many basic and applicative research tasks in the various research fields, especially in the biomedicine and in the pharmaceutical industry.
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve
	Objavljeno v	Arhiv raziskovalnih skupin - ZAUPNO! Archive of research groups - CONFIDENTIAL!
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)
2.	COBISS ID	0 Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Razvoj novega svetila za difuzno hiperspektralno slikanje
		<i>ANG</i> Development of new diffuse lightning for hyperspectral imaging
		Zasnovali in razvili smo novo svetilo za difuzno hiperspektralno slikanje v

	Opis	SLO	vidnem in NIR področju elektromagnetnega valovanja. Svetilo je zasnovano na podlagi halogenskih svetil in posebne difuzijsko-refleksijske komore, je zelo prilagodljivo in omogoča meritve odbojnosti in prepustnosti različnih snovi in izdelkov, kot so npr. farmacevtske mešanice, pelete, tablete in kapsule.
		ANG	New diffuse lightning for hyperspectral imaging in the visible and NIR part of the electromagnetic spectrum was designed and developed. The lightning is based on halogen lights and special diffusive-reflectance chamber, it is highly adaptable and enables reflectance and transmission measurements of various products, such as pharmaceutical blends, pellets, tablets and capsules.
	Šifra	F.08 Razvoj in izdelava prototipa	
	Objavljeno v	Arhiv raziskovalnih skupin - ZAUPNO! Archive of research groups - CONFIDENTIAL!	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
3.	COBISS ID	0	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Razvoj novega postopka za rutinsko valovno kalibracijo
		ANG	Development of new procedure for wavelength calibration
Opis	SLO	Razvili smo nov postopek, ki omogoča hitro vsakodnevno kalibracijo in verifikacijo kalibriranosti hiperspektralnih slikovnih sistemov. Postopek temelji na posebnem kalibru z znanimi in izrazitimi valovnimi lastnostmi ter namensko razviti programski opremi za samodejno analizo in valovno poravnavo hiperspektralnih slik.	
	ANG	A new procedure for fast everyday calibration and calibration verification of hyperspectral imaging systems was developed. The procedure is based on special caliber with known and distinct spectral features and on specially developed software for automatic analysis and wavelength registration of hyperspectral images.	
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve	
	Objavljeno v	Arhiv raziskovalnih skupin - ZAUPNO! Archive of research groups - CONFIDENTIAL!	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
4.	COBISS ID	0	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Razvoj novega postopka za odpravljanje optičnih aberacij
		ANG	Development of new procedure optical aberration correction
Opis	SLO	Razvili smo nov postopek, ki omogoča zelo zanesljivo zaznavanje in retrospektivno odpravljanje optičnih aberacij v hiperspektralnih slikovnih sistemih, ki so posledica nepopolnosti optičnih sistemov za zajemanje slik. Postopek temelji na programski opremi za hitro večmodalno poravnavo hiperspektralnih slik in posebnem kalibru z znanimi in izrazitimi geometrijskimi lastnostmi, omogoča pa retrospektivno izboljševanje ločljivosti zajetih hiperspektralnih slik, kar se odraža v bolj kakovostnih slikah.	
	ANG	A new procedure for reliable and retrospective optical aberration correction, emerging from optical imperfections in hyperspectral imaging systems, was developed. The procedure is based on special software routines for fast multimodal registration of hyperspectral images and special caliber with known and distinct geometrical features. The procedure enables retrospective resolution enhancement of hyperspectral images, yielding the images of higher quality.	
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve	
		Arhiv raziskovalnih skupin - ZAUPNO!	

	Objavljeno v	Archive of research groups - CONFIDENTIAL!	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	
5.	COBISS ID	0	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	Razvoj novega industrijskega sistema za hiperspektralno slikanje ter postopkov za neprestano kalibracijo in validacijo sistema
		<i>ANG</i>	Development of a new industrial hyperspectral imaging system and methods for continuous system calibration and validation
	Opis	<i>SLO</i>	Razvili smo prototip industrijskega sistema za bližnje infrardeče hiperspektralno slikanje, ki omogoča zajem in analizo hiperspektralnih slik v realnem času. Kalibracija sistema se izvaja s posebnimi kalibri ki omogočajo neprestano vrednotenje prostorskih in spektralnih lastnosti hiperspektralnega sistema ter na ta način zagotavljajo učinkovito samovalidacijo.
		<i>ANG</i>	A new near infrared hyperspectral imaging system for rapid real-time acquisition and analysis of hyperspectral images was developed. The system incorporates a special calibration object with unique spectral and spatial features enabling continuous system calibration and self validation essential for reliable operation in industrial environments.
	Šifra	F.08	Razvoj in izdelava prototipa
	Objavljeno v	Arhiv raziskovalnih skupin - ZAUPNO! Archive of research groups - CONFIDENTIAL!	
	Tipologija	2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Projektna skupina je v času izvajanja projekta objavila skupno 44 SCI člankov, od tega 27 SCI člankov v 1. četrtini revij - A1. Njihova dela so v tem obdobju dosegla 71 čistih citatov, kar, poleg naštetih znanstveno raziskovalnih rezultatov (točka 6), potrjuje uspešnost in mednarodno odmevnost znanstvenih raziskav.

ANG

In the period of this research project, the project team has published altogether 44 SCI papers, 27 of which in the journals from the 1st quarter of the SCI research fields. Their papers received 72 clear citations in this period, which, besides the scientific results given in section 6, justifies the quality and international recognition of the scientific research.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskovalni projekt je utrdil raziskovalno-razvojno in inovacijsko sodelovanje med Fakulteto za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani in Tehnološkim parkom Ljubljana v okviru katerega deluje sofinancer Sensum d.o.o.. Omenjena razvojno-tehnološka povezava je v prejšnjem desetletju pripeljala do razvoja številnih sistemov z računalniškim vidom, ki se v Leku in Krki, pa tudi po številnih drugih farmacevtskih podjetjih po svetu, vsakodnevno uporabljajo za kontrolo kakovosti farmacevtskih izdelkov. Projekt je tako utrdil sodelovanje med Univerzo in slovensko industrijo ter pripomogel k neposrednemu prenosu vrhunskega znanja iz akademskega v industrijsko okolje ter s tem omogočil razvoj novih visokotehnoloških izdelkov z veliko dodano

vrednostjo. Razvoj predlaganih postopkov bo namreč omogočal izvedbo sodobnih visokotehnoloških nadzornih sistemov in naprav za neprestano spremljanje, razumevanje, vodenje in izboljševanje proizvodnih procesov v številnih industrijskih panogah, predvsem pa v farmacevtski in prehrabni industriji. Vse to se bo odražalo v višji kakovosti in varnosti izdelkov, večji produktivnosti in okolju prijaznejši proizvodnji.

ANG

The research project has improved the research and development cooperation between the Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana and co-financer Sensum, Computer Vision Systems – a member of Technology Park Ljubljana. In the last decade, the cooperation between these two parties was very fruitful and resulted in numerous computer vision systems, especially for quality inspection of pharmaceutical products in the pharmaceutical companies worldwide. The project has thus strengthened the cooperation between the academia and Slovenian industry and contributed to the efficient transfer of knowledge and technology from academia to the industry and entrepreneurship, which resulted in the development of new high-tech products with high value added. Namely, the development of the proposed methods will enable construction of modern high-tech control systems and instruments for simultaneous monitoring, understanding and optimization of production processes in many industrial branches, especially in pharmaceutical and food industry. This will result in higher quality and safety of products, higher productivity and environment-friendly production.

**11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<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 checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" 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	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" 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 checked="" 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"/>	

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

Sofinancer			
1.	Naziv	Sensum, sistemi z računalniškim vidom d.o.o.	
	Naslov	Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	94.008,13	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%

Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
1.	Karakterizacija NIR hiperspektralnega sistema z uporabo standardnih kalibracijskih materialov predstavlja pomembno in praktično uporabno rešitev za rutinsko kalibracijo in s tem dviguje uporabno vrednost tovrstnih sistemov.	A.01
2.	Novo svetilo za difuzno hiperspektralno slikanje je zelo pomemben gradnik tako z vidika tehnološke izdelave, kot tudi za zagotavljanje dolgoročno stabilnih in kakovostnih industrijskih sistemov.	F.08
3.	Postopek za rutinsko valovno kalibracijo ima velik potencial tako za opravljanje storitev sistematičnih kalibracij laboratorijskih hiperspektralnih slikovnih sistemov, kot tudi za vsakodnevno rutinsko kalibracijo v proizvodnji.	F.11
4.	Razviti postopek za odpravljanje optičnih aberacij, ki temelji na hitri večmodalni poravnavi hiperspektralnih slik in posebnem kalibru, bo omogočal retrospektivno izboljševanje ločljivosti zajetih hiperspektralnih slik.	A.01
5.	Prototipni sistem za hiperspektralno slikanje v katerem so integrirane vse novosti in izboljšave programske in strojne opreme bo omogočal izvajanje številnih ciljno usmerjenih raziskav in eksperimentov ter iskanje novih tehnoloških rešitev v kontroliranem laboratorijskem okolju.	F.08
Komentar	Kot sofinancerji projekta L2-2023 potrjujemo, da je delo na projektu potekalo skladno s programom dela. Razvite so bile številne nove tehnološke in metodološke rešitve, na osnovi katerih bo omogočeno bistveno bolj kakovostno zajemanje in retrospektivno obnavljanje hiperspektralnih slik. Ne tej osnovi bomo lahko zasnovali platformo za novo družino izdelkov za vizualno kontrolo kakovosti farmacevtskih in prehranskih izdelkov. Nekatere razvite rešitve so zaupne narave in zaščitene kot "poslovna skrivnost", saj je glede na tehnično osnovo in dolgoročni interes našega podjetja za samostojen razvoj, proizvodnjo in tržene celovite visokotehnološke sisteme, to najboljši način za učinkovito varovanje intelektualne lastnine.	
Ocena	Uspešna realizacija projekta nam bo omogočila lažji in hitrejši razvoj najnovejših tehnologij, ki jih trenutno še ne poseduje nobeno konkurenčno podjetje. Na ta način se bo naše podjetje, ki želi postati vodilni svetovni proizvajalec naprav za kontrolo kakovosti farmacevtskih izdelkov, lažje in uspešneje uveljavilo na zahtevnem svetovnem tržišču. Poleg neposrednih učinkov na razvoj novih izdelkov in tehnologij, je potrebno omeniti tudi dodatni posredni učinek raziskovanja. Ta se odraža v vzgoji visoko izobraženih kadrov, ki uspešno prenašajo pridobljeno visokotehnološko znanje v industrijo ter tako pomembno vplivajo na razvoj slovenske industrije in podjetništva.	

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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 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:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Boštjan Likar

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

14.3.2013

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/87

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ 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, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

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

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

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000

znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ 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](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite 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](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
F2-C1-E7-A4-BC-E0-4C-A4-86-8E-01-63-D4-35-D2-22-9E-D4-6C-06