

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/170



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L7-4274
<b>Naslov projekta</b>	Laserska triangulacija v medicini (LASTRIM)
<b>Vodja projekta</b>	1649 Janez Možina
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	8067
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	07.2011 - 06.2014
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	143 Fotona proizvodnja optoelektronskih naprav d.d. 312 Univerzitetni klinični center Ljubljana 334 Univerzitetni klinični center Maribor 1613 Univerzitetna klinika za pljučne bolezni in alergijo Golnik
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	7 INTERDISCIPLINARNE RAZISKAVE
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	07. Zdravje
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 2. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>1</sup>

SLO

V medicini je eden izmed večnih ciljev vseh vpletenih: bolnikov, zdravstvenega osebja in tudi zavarovalnic v prvi vrsti izboljšati uspešnost zdravljenja. Zato je pomembno, da se v najzgodnejši fazi odkrije bolezenske simptome in da se jih na objektivni način ovrednoti in shrani. Tako pridobiva vedno večji pomen tridimenzionalno merjenje oblike telesa z uporabo optičnih, neinvazivnih metod. V okviru predlaganega interdisciplinarnega projekta nameravamo

razviti nove, inovativne laserske merilne metode, s katerimi bo mogoče zaznati najmanjše spremembe oblike in barve bolnikovega telesa ter tako nadomestiti subjektivne diagnostične metode z objektivnimi. Ključni cilji razvoja so visoka natančnost, sočasen zajem barve kože, možnost merjenja dinamičnih pojavov ter enostavno in zanesljivo delovanje. Pomemben cilj raziskav je tudi takojšnje preverjanje uporabnosti novih metod v posameznih vejah medicine. V ta namen je **v raziskavi sodelovalo osem raziskovalnih skupin s področja laserske tehnike, plastične kirurgije, ortopedije, pulmologije, dermatologije, nevrobiologije, diabetologije in oftalmologije.**

Razvitih je bilo sedem 3D merilnih aplikacij, kjer so osrednjo mesto zavzemali brezdotični, optični merilniki oblike teles. Z njimi je možno enostavno, hitro in natančno (do 0.05 mm) izvajati meritve v ambulantnem okolju brez kompliciranih in dragih pripomočkov za standardizirano pozicioniranje merjenih udov. Merilniki namreč uporabljajo princip laserske triangulacije s površinskim osvetljevanjem površine, kar omogoča, da je lahko čas meritve krajši od 10 milisekund. Merilniki so razviti tako, da omogočajo izmero najbolj finih značilnosti, kot je na primer topografija kože, kakor tudi celotnega zgornjega dela telesa, kot je merjenje orientacije glave, ali spremljanje deformacij prsnega koša med dihanjem. Rezultati raziskav kažejo veliko uporabnost razvitih sistemov na prej omenjenih področjih, kar potrjujejo objave v znanstvenih člankih in na mednarodnih konferencah.

ANG

In medicine, one of the enduring objectives of all parties involved: patients, medical personnel and insurance companies, is primarily to improve the effectiveness of treatment. It is therefore important to detect the earliest stage of disease symptoms and to objectively evaluate and store the corresponding data. Thus, three-dimensional body shape measurement using optical, non-invasive methods is gaining increasing importance. Within this interdisciplinary project we developed new, innovative laser measurement techniques to detect the smallest change of shape and colour of the patient's body, replacing the subjective diagnostic methods with objective ones. The key objectives of the development are high precision, simultaneous capture of skin colour, the possibility to measure dynamic phenomena and simple and reliable operation. An important aim of the research is also immediate verification of the applicability of new methods in individual areas of medicine. For this purpose, **the study involved eight research groups from the fields of laser technology, plastic surgery, orthopaedics, respiratory medicine, dermatology, neurobiology, diabetology and ophthalmology.**

Seven 3D measurement applications have been developed, where the most important part are non-contact, optical measuring systems of body shapes. They ensure easy, quick and precise (0.05 mm) measurements in ambulance environments without complicated and expensive devices for positioning the patient's limbs in a standardized positions. The systems are based on principle of laser triangulation with surface illumination. This enables short measuring times (less than 10 milliseconds). Developed systems have different measuring ranges, thus the finest features, such as the topography of the skin, as well as the whole upper part of the body, such as measurement of the orientation of the head, or the monitoring of deformation of the chest during respiration can be measured. The research results indicate the usefulness of the developed systems in the above mentioned areas, which is confirmed by many publications in scientific journals and in international conferences.

### 3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>2</sup>

Laserske 3D merilne metode omogočajo brezdotično, neinvazivno in hitro merjenje oblike teles. Njihova natančnost omogoča zaznavo najmanjših sprememb zunanje oblike telesa. V medicini je namreč eden izmed večnih ciljev vseh vpletenih - bolnikov, zdravstvenega osebja in tudi zavarovalnic, v prvi vrsti izboljšati uspešnost zdravljenja. Zato je pomembno, da se v najzgodnejši fazi odkrije bolezenske simptome in da se jih na objektivni način ovrednoti in shrani. Tridimenzionalna oblika namreč vsebuje bistveno pomembnejše informacije o zdravstvenem stanju osebe kakor le barvna slika. Poleg demografskih in ekonomskih vidikov je namreč pričakovati, da se z uporabo 3D merilnih sistemov bistveno poveča redno spremljanje

bolezenskih znakov, na osnovi katerih je možno že pri najzgodnejših spremembah ustrezno ukrepati.

V okviru aplikativnega raziskovalnega projekta LASTRIM smo razvili nove laserske merilne metode, s katerimi je mogoče zaznati najmanjše spremembe oblike, barve in temperature bolnikovega telesa ter tako nadomestiti subjektivne diagnostične metode z objektivnimi. Ključni cilji pri razvoju novih laserskih merilnih metod so bili visoka natančnost, sočasen zajem barve kože, možnost merjenja dinamičnih - hitrih pojavov, kakršno je na primer dihanje, utrip in aktivacija mišičnega tkiva, ter enostavno in zanesljivo delovanje. Posebej velja poudariti tudi cilj industrijskega partnerja, Fotone d.d., ki namerava novo pridobljeno znanje in tehnologijo aplicirati na svetovnem trgu laserskih medicinskih sistemov, kjer ima pomemben tržni delež.

Pomemben cilj raziskav je takojšnje preverjanje uporabnosti novih metod v posameznih vejah medicine. Menimo namreč, da je razvoj kakovosten le v primeru najzgodnejšega interdisciplinarnega sodelovanja med tehniško in medicinsko stroko. **Tako je v raziskavi sodelovalo osem raziskovalnih skupin s področja laserske tehnike, plastične kirurgije, ortopedije, pulmologije, dermatologije, nevrobiologije, diabetologije in oftalmologije.** Raziskovalne skupine so v medsebojnem sodelovanju razvile in aplicirale v svetovnem merilu inovativna medicinska orodja in postopke v okviru naslednjih raziskovalnih tem:

**T1 Raziskave in razvoj laserskih triangulacijskih sistemov**

**T2 3D metrologija deformacij in pooperativnih stanj v ortopediji**

**T3 Zanesljivo načrtovanje in objektivna ocena rezultatov v plastični kirurgiji**

**T4 Merjenje spreminjajoče se oblike prsnega koša med dihanjem**

**T5 3D napoved celjenja kožnih razjed**

**T6 Laserska 3D metoda za merjenje nevroloških motenj gibanja**

**T7 Lasersko podprto merjenje oblike orbite pri odstranitvi očesa**

V nadaljevanju so opisani rezultati na zgoraj omenjenih raziskovalnih temah:

**T1 Raziskave in razvoj laserskih triangulacijskih sistemov:**

Raziskave laserskih triangulacijskih sistemov so bile usmerjene v razvoj novi merilnih sistemov za natančno izmero delov človeškega telesa v mirovanju ter v gibanju. Pri tem smo se usmerili predvsem na metode ploskovnega osvetljevanja površine.

Razvite so bile tri različice 3D merilnika na osnovi zrcalno-refleksnega fotoaparata. Merilno območje prve je 700x520x400 mm z natančnostjo 1,5 mm, druge 220x150x70 mm z natančnostjo 0,25 mm in tretje 25x15x5mm z natančnostjo 0.05 mm. Osnovni princip je v vseh treh merilnikih enak in sicer triangulacija s ploskovnim večlinijskim osvetljevanjem, pri čemer je za svetlobni izvor uporabljena v fotoaparatu vgrajena bliskavica. Ker se torej za osvetljevanje uporablja bela svetloba, je možno sočasno s 3D izmero posneti tudi barvno informacijo površine. Merilniki so bili uporabljeni za merjenje orientacije glave pri spremljanju nevroloških motenj bolnika, za spremljanje celjenja kožnih razjed in za izmero topografije kože.

Za namene hitrega merjenja hrbtenice smo uspešno razvili prototip 3D laserskega merilnega sistema, pri čemer smo za primere statičnih meritev hrbta čas trajanja meritve celotne površine hrbta iz okoli 10 sekund zmanjšali na manj kot 0,1 sekunde. Novi sistem je sestavljen iz dveh visoko ločljivih ter hitrih kamer ločljivosti 2048 x 1088 slikovnih elementov, ki omogočata zajem podatkov do 50 Hz pri zajemanju surovih podatkov ter do 340 Hz v standardu MJPEG z natančnostjo 0,1 mm pri 1 metru oddaljenosti ter večlinijskega laserskega projektorja, ki na merjeno površino projicira 33 laserskih ravnin. Visoke hitrosti zajemanja surovih podatkov so nam omogočile tudi uspešne dinamične meritve površine hrbta pri procesih, kot so sklanjanje in rotaciji pacienta okoli njegove glavne osi.

Za merjenje spreminjajoče se oblike stopala med hojo smo razvili sistem na osnovi laserske

triangulacije z večlinijskim osvetljevanjem. Merilni sistem je sestavljen iz pohodnega odra in štirih merilnih modulov, ki po načelu barvne modulacije sočasno zajamejo celotno obliko stopala. Programska oprema omogoča analizo časovnega spreminjanja širine, višine, obsega in orientacije stopala na različnih prerezih.

### **T2 3D metrologija deformacij in pooperativnih stanj v ortopediji:**

Izboljšave z vidika natančnosti in hitrosti merjenja so bile izvedene na področju dinamičnega spremljanja in analize premikanja golenice glede na stegenico pri preiskovancih z okvaro sprednje križne vezi. Na Ortopedski kliniki v Ljubljani smo opravili klinične meritve na preiskovancih z enim poškodovanim in zdravim kolenom. Vse okvare so bile predhodno diagnosticirane s kliničnim pregledom in MRI. Sledila je analiza nestabilnosti kolena. Ta je bila nato statistično ovrednotena, s čimer smo zaznali jasen trend kinematičnih razlik med zdravimi in poškodovanimi koleni pri meritvah z lasersko triangulacijo. Izkazalo se je, da so razlike pri vseh 6 preiskovancih precej bolj izrazite z uporabo 0,5 kg uteži na gležnju. Z zgoraj napisanimi modifikacijami smo uspeli zmanjšati standardni odklon te količine za okoli 70 %.

Raziskave na področju merjenja deformacij hrbtenice so se nanašale na meritve sagitalnih in frontalnih krivin kot tudi na razvoj programske opreme. Opravljene so bile meritve na 16 preiskovancih z izrazito skoliozo. Razvita je bila programska oprema za samodejno določanje prostorske krivulje prsne in ledvene hrbtenice na podlagi izmerjene 3D oblike hrbta preiskovanca. Rezultate samodejne določitve prostorskih krivulj smo primerjali s prostorskimi krivuljami, ki so nastale na osnovi palpacije trnastih odrastkov pod kožo in njihovo označitvijo. Tipično odstopanje med samodejnim in ročnim določanjem prostorske krivulje hrbtenice znašajo v sagitalni ravnini 0,5 mm in v frontalni ravnini 4,0 mm. Drugi sklop meritev bomo opravili na večjem številu preiskovancev z razvitim prototipom hitrega 3D laserskega merilnega sistema, ki temelji na dveh visoko ločljivih ter hitrih kamerah.

Raziskave na področju merjenja oblike stopal v gibanju so bile najprej usmerjene v ugotavljanje ponovljivosti meritev na eni osebi. Ugotovili smo, da ta znaša  $\pm 0.5\%$  za boso stopalo in  $\pm 1\%$  za obuto stopalo, kotne dimenzije pa imajo natančnost  $\pm 3^\circ$ . Meritve spreminjanja dimenzij kažejo, da so v primeru obutega stopala dimenzijske spremembe prerezov do 50% manjše v primerjavi z bosim. Prav tako je razvidno, da se relativne spremembe bosega stopala med različnimi osebami razlikujejo tudi za več kot 50%. Na osnovi teh rezultatov smo razvili algoritem za izračun oblikovnega ujemanja stopala in čevlja. V njem se primerja največje izmerjene dimenzije stopala tekom celotne faze opore s soležnimi prerezi kopita. V primerjavi z obstoječimi rešitvami tako ni potrebno uporabiti parametrov, ki predpisujejo funkcionalno zahtevane značilnosti. S tem je v izračunu upoštevan individualni način hoje posameznika. Rezultati predstavljajo pomembna izhodišča za natančnejši razvoj obutve po meri, kar je pomembno zlasti pri vrhunskih športih in diabetikih.

Raziskave diabetičnih stopal smo opravili tudi z vidika primerjave oblike mirujočih stopal diabetične in zdrave populacije. V ta namen so bile izvedene meritve diabetološki ambulantni UKC-LJ, ki smo jih primerjali s podatki podjetja Alpina, ki nudi izmero stopal v svojih prodajalnah. Posebej smo analizirali tudi prisotnost sledečih deformacij stopal: hallux-valgus, krampljavost in ploskost stopal.

### **T3 Zanesljivo načrtovanje in objektivna ocena rezultatov v plastični kirurgiji**

Razvili smo postopek natančnejše rekonstrukcije dojke po mastektomiji zaradi raka dojke. Dokazali smo, da lahko z novo tehniko rekonstrukcije dojke z uporabo t.i. kalupa, narejenega s pomočjo 3D (tridimenzionalnega) skeniranja zdrave dojke in reverznega inženirstva, dosežemo boljše simetrijo dojke v smislu prostornine, projekcije in oblike dojke (objektivna ocena) v primerjavi s klasično tehniko. Na ta način želimo doseči večje zadovoljstvo bolnic, dvigniti kakovost življenja ter zmanjšati število korekcijskih posegov v pooperativnem obdobju in s tem potrebo po dodatnih hospitalizacijah bolnic. S pomočjo kalupa je bilo operiranih 11 bolnic, ki so v preteklosti imele opravljeno mastektomijo (t.j. odstranitev celotne dojke zaradi raka) in so se odločile za odloženo avtologno rekonstrukcijo z režnjem iz trebuha ter so izpolnjevale vključitvene kriterije: zdrava dojka je bila primerne velikosti (normotrofična, t.j. košarica B ali C), brez ptoze ali ptoza stopnje 1 po Regnaultu ali pa je bila bolnica zadovoljna z izgledom zdrave dojke in se ne bi odločila za korekcijski poseg na njej. Pred posegom smo pri vsaki

bolnici napravili laserski 3D posnetek zdrave dojke. S CNC rezkalnim strojem smo na osnovi 3D meritve izdelali kalup, ki se natančno prilega zdravi dojki. Nato smo s pomočjo vakuuma na ta kalup vlili prozorno plastično folijo in dobili odlitek dojke (kalup), ki je prozoren, samostoječ in primeren za sterilizacijo. Le-tega smo uporabili med operacijo za oblikovanje režnja.

#### **T4 Merjenje spreminjajoče se oblike prsnega koša med dihanjem:**

Razvita je bila metoda 3D merjenja oblike deformacij prsnega koša, ki so le posledica dihanja. Vse ostale deformacije, ki so posledica togih premikov in zvijanja telesa, algoritem zazna in jih izniči. V okviru verifikacije smo izvedli teste, ki so potrdili učinkovitost in natančnost merilne metode. Inovativno metodo barvne vizualizacije premikov celotne prsno-trebušne površine smo testirali na 10 pacientih med vožnjo sobnega kolesa. Izkazalo se je, da tovrstni prikaz premikov nudi mnogo bolj razumljiv način posredovanja informacij, kot pa na primer ustna navodila zdravnika.

#### **T5 3D napoved celjenja kožnih razjed:**

Razvite so bile tri metode analize kožnih razjed, ki temeljijo na različnih algoritmih iskanja roba razjede na barvni informaciji. Tako najdenemu robu se očrta pravokotnik z minimalno površino, ki nato služi kot osnova za določevanje množice območij, znotraj katerih z NURBS krivuljami aproksimiramo navidezno zdravo kožo (NZK). Rezultat analize je povprečna vrednost vseh izmerjenih karakteristik razjede, ki se generirajo samodejno. S tem zmanjšamo vpliv območja NZK, ki sicer izdatno vpliva na izračun karakteristik in zmanjšuje ponovljivost merjenja.

#### **T6 Laserska 3D metoda za merjenje nevroloških motenj gibanja:**

Razvita je bila metoda merjenja orientacije glave na osnovi optične 3D izmere oblike glave in prsnega koša. Izvedena je bila verifikacija *in-vivo* ter *in-vitro*. *In-vivo* karakterizacija je bila izvedena na bolniku, ki je 13-krat izvajal identične gibe glave. Ugotovljeno je bilo, da je merilna negotovost  $3^\circ$ . *In-vitro* analiza je bila izvedena s pomočjo lutke, položaj njene glave glede na trup pa smo določevali s pomočjo treh različnih merilnikov. Dobljene rezultate smo primerjali med seboj in ugotovili, da je bila standardna deviacija razlik med referenčnim in razvitim merilnikom  $2^\circ$ . Na podlagi teh rezultatov sklepamo, da je metoda izračuna orientacija primerna, njena natančnost pa je v veliki meri odvisna od 3D merilnika, v kombinaciji s katerim se uporablja.

#### **T7 Lasersko podprto merjenje oblike orbite pri odstranitvi očesa:**

Analiza 3D meritev je pokazala, da so statične točke na površini premalo zanesljive. Zato predlagamo uporabo pripomočkov s katerimi se fizično dotaknemo ob-orbitalnega očesnega loka, nato pa merimo razdaljo točk šarenice od izmerjene površine tega pripomočka. Pomembna je tudi sama usmerjenost očesa (kam je usmerjen pogled), saj je lahko ob neprimerni usmerjenosti zrkla izmerjena površina šarenice majhna in precej nagnjena glede na zrcalno ravnino telesa.

### **4.Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>**

Ocenjujemo, da so cilji projekta LASTRIM v veliki meri realizirani. Razvita je bila serija triangulacijskih merilnikov, ki omogočajo hitro izmero 3D oblike telesa. Pokrivajo različno velika merilna območja, s čimer lahko merijo tako topografijo kože, kot celotnega zgornjega dela telesa. Omogočajo izmero gibajočega se telesa, kot je na primer prsni koš med dihanjem,

kot tudi stopalo med hojo. Pomembna lastnost novorazvitih merilnikov je tudi njihova enostavnost uporabe, saj nekateri imed njih za osnovo uporabljajo komercialni fotoaparati, s katerim je možno izvajati merjenje »z roke«, brez sočasne uporabe računalnika. Merilnike smo aplicirali v sedem področij medicine (glejte točko B.3.), za kar je bilo potrebno razviti tudi namenske protokole merjenja ter obdelave meritev. Rezultate smo objavili v številnih znanstvenih člankih ter na mednarodnih konferencah.

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>4</sup>

V zadnjem letu ni bilo sprememb programa raziskovalnega projekta.

#### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	13136667	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Karakterizacija orientacije glave z ročnim optičnim 3D merilnikom
		ANG	Characterization of the head-to-trunk orientation with handheld optical 3D apparatus based on the fringe projection technique
	Opis	SLO	Poznavanje orientacije glave je pomembno na več področjih, vključno v medicinski panogi. Številne obstoječe merilne metode in sistemi pri merjenju orientacije glave izkoriščajo nameščene značilne točke ali senzorje. V nekaterih kliničnih primerih namestitve le-teh pacientu predstavlja dodatno breme ali pa povzroči odvratanje pozornosti, kar neugodno vpliva na izmerjene vrednosti. V želji, da se temu izognemo, predlagamo uporabo brezdotične optične merilne metode za merjenje orientacije glave.
		ANG	Knowing the orientation of the head is important in many fields, including medicine. Many methods and measuring systems exist, but usually they use different markers or sensors attached to the subjects head for head orientation determination. In certain applications these attachments may represent a burden or a distraction to the subject under study which may have an unfavourable impact on the measurement. We propose a non-contact optical method for head-to-trunk orientation measurement that does not require any attachments to the subject under study.
	Objavljeno v	BioMed Central; BioMedical engineering online; 2013; Vol. 12; f. 1-14; Impact Factor: 1.746; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.071; WoS: IG; Avtorji / Authors: Pavlovčič Urban, Diaci Janez, Možina Janez, Jezeršek Matija	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	13377563	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	3D laserske meritve bose in obute noge med hojo
		ANG	3D laser measurements of bare and shod feet during walking
Opis	SLO	Predstavljen je laserski triangulacijski sistem za tridimenzionalne (3D) meritve oblike stopala med hojo, ki temelji na več-linijskem osvetljevanju in barvni modulaciji projiciranega vzorca. Merilni sistem sestoji iz pohodnega odra ter štirih merilnih modulov, ki sočasno zajamejo celotno obliko stopala. Pri tem hitrost merjenja znaša 30 vzorcev/s. Z namensko razvito programsko opremo je mogoče v poljubnem prečnem prerezu analizirati karakteristične dimenzije stopala kot so širina, višina, obseg in orientacija. Izvedene so bile eksperimentalne meritve golih in obutih stopal med hojo na šestih pacientih. Relativna ponovljivost meritev posameznega pacienta znaša 0.5% za golo nogo ter 1% za obuto nogo. Iz tega sledi, da je z razvito metodo mogoče analizirati različne vplive na obliko stopala med	

			dinamičnim gibanjem, kot so gola/obuta noga, različni pogoji obremenitve ter togost obutve.
		ANG	This article presents a new system for 3D foot-shape measurements during walking. It is based on the laser-triangulation, multiple-line-illumination and color-modulation techniques. It consists of a walking stage and four measuring modules that simultaneously acquire the foot shape from the top, bottom and side views. The measuring speed is 30 fps. Custom-developed software makes it possible to analyze the foot's dimensions at an arbitrary cross-section by means of the width, height, girth and section orientation. Six subjects were measured during bare and shod walking, and the bare foot and the outside dimensions of the footwear during the entire stance phase are presented. The relative measurement repeatability of a single subject is 0.5% for bare foot and 1% for shod foot. This means that it is possible to study the differences between various influences on the foot-shape dynamics, such as a bare/shod foot, different loading conditions and the shoe's stiffness condition.
	Objavljeno v		Butterworth-Heinemann; Gait & posture; 2014; Vol. 40, issue 1; str. 87-93; Impact Factor: 2.299; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; A': 1; WoS: RU, TC, XW; Avtorji / Authors: Novak Boštjan, Možina Janez, Jezeršek Matija
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	12258075	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Laserski 3D merilni sistem in vizualna povratna zanka za učenje dihanja
		ANG	Laser 3-D measuring system and real-time visual feedback for teaching and correcting breathing
	Opis	SLO	Predstavljena je inovativna metoda merjenja 3D oblike prsnega med dihanjem. Laserski projektor osvetljuje telo s 33 svetlobnimi ravninami. Sočasno kamera snema osvetljeno površino z drugega zornega kota. Podatki se prenašajo v osebni računalnik, kjer se izvede 3D rekonstrukcija v realnem času. Sistem omogoča prikaz spremembe oblike merjene površine v barvnem načinu, kar je enostavno dojemljivo za pacienta, ki se med dihanjem lahko opazuje in s tem korigira intenzivnost uporabe posameznih predelov prsnega koša med dihanjem.
		ANG	We present a novel method for real-time 3-D body-shape measurement during breathing based on the laser multiple-line triangulation principle. The laser projector illuminates the measured surface with a pattern of 33 equally inclined light planes. Simultaneously, the camera records the distorted light pattern from a different viewpoint. The acquired images are transferred to a personal computer, where the 3-D surface reconstruction, shape analysis, and display are performed in real time. The measured surface displacements are displayed with a color palette, which enables visual feedback to the patient while breathing is being taught. The measuring range is approximately 400 x 600 x 500 mm in width, height, and depth, respectively, and the accuracy of the calibrated apparatus is $\pm 0.7$ mm. The system was evaluated by means of its capability to distinguish between different breathing patterns. The accuracy of the measured volumes of chest-wall deformation during breathing was verified using standard methods of volume measurements. The results show that the presented 3-D measuring system with visual feedback has great potential as a diagnostic and training assistance tool when monitoring and evaluating the breathing pattern, because it offers a simple and effective method of graphical communication with the patient.
	Objavljeno v		SPIE--the International Society for Optical Engineering; International Biomedical Optics Society; Journal of biomedical optics; 2012; Vol. 17, iss. 3; str. [1-7]; Impact Factor: 2.881; Srednja vrednost revije / Medium

		Category Impact Factor: 1.857; A': 1; WoS: CO, SY, VY; Avtorji / Authors: Povšič Klemen, Fležar Matjaž, Možina Janez, Jezeršek Matija	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	12064539	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba 3D laserskega merjenja in nove metode izdelave kalupa pri optimizaciji rekonstrukcije dojck
		ANG	The use of 3D laser imaging and a new breast replica cast as a method to optimize autologous breast reconstruction after mastectomy
	Opis	SLO	Avtologna rekonstrukcija dojke z režnjem iz trebuha je način rekonstrukcije dojke po mastektomiji zaradi raka dojke. Simetrija dojck je cilj in merilo uspešnosti operacije. Oblikovanje režnja v novo dojko in doseg simetrije dojck temelji na kirurgovih izkušnjah in znanju. Namen našega projekta je dokazati, da lahko z novo tehniko rekonstrukcije dojke z uporabo t.i. kalupa, narejenega s pomočjo 3D (tridimenzionalnega) skeniranja zdrave dojke in reverznega inženirstva, dosežemo boljšo simetrijo dojck v smislu prostornine, projekcije in oblike dojke (objektivna ocena) v primerjavi s klasično tehniko. Na ta način želimo doseči večje zadovoljstvo bolnic, dvigniti kakovost življenja ter zmanjšati število korekcijski posegov v pooperativnem obdobju in s tem potrebo po dodatnih hospitalizacijah bolnic.
		ANG	Aesthetically pleasing and symmetrical breasts are the goal of reconstructive breast surgery. Sometimes, however, multiple procedures are needed to improve a reconstructed breast's symmetry and appearance. In order to avoid additional corrective procedures, we have developed a new method that uses a reverse engineering technique to produce what we call a new breast replica cast (NBRC). The NBRC is a mould of the contralateral healthy breast, designed according to preoperative laser 3D images. During surgery, the mould is used to help shape the new breast. With this method, we are able to achieve breast symmetry in terms of volume, projection, contour, and position on the chest wall more accurately, more quickly, and more safely than before.
	Objavljeno v	Churchill Livingstone; The Breast; 2011; [Vol. 20], Online first [no. 6]; [7] str.; Impact Factor: 2.491; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.838; A': 1; Avtorji / Authors: Ahčan Uroš, Bračun Drago, Živec Katarina, Pavlič Rok, Butala Peter	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	13770267	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Merilnik tridimenzionalne oblike stopal na osnovi laserske rotirajoče merilne glave
		ANG	Three-dimensional foot scanning system with a rotational laser-based measuring head
	Opis	SLO	Slabo prileganje obutve k stopalu je eden glavnih razlogov za bolečine v stopalih ter bolezni in poškodbe stopal. Ustrezne 3-dimezionalne meritve stopala zato omogočajo pridobivanje podatkov za izdelavo ustreznih oblik standardne obutve, prilagajanje obutve obliki stopala individualnega uporabnika, oblikovanje boljšega prileganja obutve pri masovni proizvodnji in določanje kupcu najbolj prilegajočega modela v posamezni trgovini. Slabosti obstoječih sistemov so predvsem v visoki ceni in njihovi kompleksnosti. Zato se večinoma uporabljajo le v raziskovalne in medicinske namene. V članku predstavljamo inovativni merilnik stopal, posebej razvit za merjenje stopal v prodajalnah z obutvijo in specializiranih zdravstvenih ambulantah. Merilnik odlikuje nizka cena izdelave, konstrukcija omogoča visoko stopnjo mobilnosti, poenostavljen in pospešen je postopek merjenja.



	ANG	Three-dimensional (3D) measurements of the feet is crucial for the correct design and selection of shoes. Badly-fitting shoes are one of the major causes of pain, foot related diseases and injuries of the feet. This article presents a new system for 3D foot-shape measurements which is based on the laser-multiple-line-triangulation principle. The main part of a system is the measuring head comprising a three laser lines projection unit and two cameras, which rotate around the centre of the platform that the customer stands on, and measures both feet simultaneously. The developed software analyzes the different foot dimensions and suggests the most suitable model and size of a shoe from a database to the customer. Validation experiments have been presented to demonstrate the measuring precision of the system. The results show that the standard deviation for all feet dimensions is better than 0.6mm in case of test objects.
Objavljeno v		Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2014; Vol. 60, no. 11; str. 685-693; Impact Factor: 0.776; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU; Avtorji / Authors: Novak Boštjan, Babnik Aleš, Možina Janez, Jezeršek Matija
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

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

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	13136667 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Karakterizacija orientacije glave z ročnim optičnim 3D merilnikom
		ANG Characterization of the head-to-trunk orientation with handheld optical 3D apparatus based on the fringe projection technique
	Opis	SLO Poznavanje orientacije glave je pomembno na več področjih, vključno v medicinski panogi. Številne obstoječe merilne metode in sistemi pri merjenju orientacije glave izkoriščajo nameščene značilne točke ali senzorje. V nekaterih kliničnih primerih namestitev le-teh pacientu predstavlja dodatno breme ali pa povzroči odvrčanje pozornosti, kar neugodno vpliva na izmerjene vrednosti. V želji, da se temu izognemo, predlagamo uporabo brezdotične optične merilne metode za merjenje orientacije glave.
		ANG Knowing the orientation of the head is important in many fields, including medicine. Many methods and measuring systems exist, but usually they use different markers or sensors attached to the subjects head for head orientation determination. In certain applications these attachments may represent a burden or a distraction to the subject under study which may have an unfavourable impact on the measurement. We propose a non-contact optical method for head-to-trunk orientation measurement that does not require any attachments to the subject under study.
	Šifra	F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov
	Objavljeno v	BioMed Central; BioMedical engineering online; 2013; Vol. 12; f. 1-14; Impact Factor: 1.746; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.071; WoS: IG; Avtorji / Authors: Pavlovčič Urban, Diaci Janez, Možina Janez, Jezeršek Matija
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	13377563 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO 3D laserske meritve bose in obute noge med hojo

	ANG	3D laser measurements of bare and shod feet during walking
Opis	SLO	Predstavljen je laserski triangulacijski sistem za tridimenzionalne (3D) meritve oblike stopala med hojo, ki temelji na več-linijskem osvetljevanju in barvni modulaciji projiciranega vzorca. Merilni sistem sestoji iz pohodnega odra ter štirih merilnih modulov, ki sočasno zajamejo celotno obliko stopala. Pri tem hitrost merjenja znaša 30 vzorcev/s. Z namensko razvito programsko opremo je mogoče v poljubnem prečnem prerezu analizirati karakteristične dimenzije stopala kot so širina, višina, obseg in orientacija. Izvedene so bile eksperimentalne meritve golih in obutih stopal med hojo na šestih pacientih. Relativna ponovljivost meritev posameznega pacienta znaša 0.5% za golo nogo ter 1% za obuto nogo. Iz tega sledi, da je z razvito metodo mogoče analizirati različne vplive na obliko stopala med dinamičnim gibanjem, kot so gola/obuta noga, različni pogoji obremenitve ter togost obutve.
	ANG	This article presents a new system for 3D foot-shape measurements during walking. It is based on the laser-triangulation, multiple-line-illumination and color-modulation techniques. It consists of a walking stage and four measuring modules that simultaneously acquire the foot shape from the top, bottom and side views. The measuring speed is 30 fps. Custom-developed software makes it possible to analyze the foot's dimensions at an arbitrary cross-section by means of the width, height, girth and section orientation. Six subjects were measured during bare and shod walking, and the bare foot and the outside dimensions of the footwear during the entire stance phase are presented. The relative measurement repeatability of a single subject is 0.5% for bare foot and 1% for shod foot. This means that it is possible to study the differences between various influences on the foot-shape dynamics, such as a bare/shod foot, different loading conditions and the shoe's stiffness condition.
Šifra	F.13 Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
Objavljeno v	Butterworth-Heinemann; Gait & posture; 2014; Vol. 40, issue 1; str. 87-93; Impact Factor: 2.299; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; A': 1; WoS: RU, TC, XW; Avtorji / Authors: Novak Boštjan, Možina Janez, Jezeršek Matija	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	12284955 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Laserski 3D merilni sistemi v medicini
	ANG	Laser 3D measuring systems in medicine
Opis	SLO	Predstavljeni so merilni 3D sistemi za uporabo v medicini, ki so bili razviti na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani.
	ANG	3D measuring systems for medical applications are presented. All systems were developed on Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana.
Šifra	F.08 Razvoj in izdelava prototipa	
Objavljeno v	Klinični oddelek za kirurške okužbe, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center; Pogled v prihodnost pri zdravljenju tkiv; 2012; Str. 101-113; Avtorji / Authors: Jezeršek Matija, Pavlovčič Urban, Povšič Klemen, Možina Janez	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	12181019 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razvojna izhodišča za masovno prilagojeno obutev za bolnike s sladkorno boleznijo na osnovi tridimenzionalnih meritev stopal

		ANG	Development platform for mass customized footwear for diabetics on the basis of three-dimensional measurements of the feet
Opis		SLO	Neprimerna obutev je pomemben dejavnik tveganja za nastanek razjede na diabetični nogi, še zlasti pri bolnikih z deformiranimi nogami in senzorično nevropatijo. Z raziskavo smo želeli ovrednotiti metodo merjenja nog z laserskim tridimenzionalnim merilnim sistemom, zbrati podatke o velikosti in obliki nog v populaciji sladkornih bolnikov ter oceniti smiselnost trženja obutve v različnih dolžinskih in širinskih številkah za levo in desno nogo. 415 sladkornim bolnikom smo noge klinično pregledali in izmerili z laserskim tridimenzionalnim merilnim sistemom. Izračunali smo indekse krempljastih prstov in hallux valgusa, mejne vrednosti indeksov ter razlike v dimenzijah med levo in desno nogo. Vecina opazovancev je imela različno veliki nogi (absolutna razlika v dolžini 3,05 2,75mm manj kot ena dolžinska številka). Vrednosti indeksov deformacij so se med bolniki s klinično ugotovljeno deformacijo in tistimi brez nje statistično značilno razlikovale. Občutljivost metode za ugotavljanje krempljastih prstov je bila 70,7%, hallux valgusa 64,0%, specifičnost pa 73,5% in 79,4%. Približno polovica sladkornih bolnikov ima deformirane in asimetrične noge. Smiselno bi bilo ponuditi na tržišče obutev v različnih dolžinskih in širinskih številkah za levo in desno nogo. Metoda merjenja z laserskim tridimenzionalnim merilnikom je uporabna za ugotavljanje deformacij nog.
		ANG	Inappropriate footwear is an important risk factor for diabetic foot ulcers, especially in patients with deformed legs and sensory neuropathy. The present study evaluates the method for measuring the leg with threedimensional laser measuring system, to collect data on the size and shape of the legs in a population of diabetic patients and to assess the viability of marketing footwear in a variety of length and width numbers to the left and right leg. 415 patients were examined clinically and legs were measured by three-dimensional laser measuring system. We calculated indices of claw toe and hallux valgus, the levels of indices, and differences in dimensions between left and right leg. Most survey participants had legs of different sizes (absolute difference in length of 3.05 2.75 mm of length less than one number). Deformation index values are between patients with clinically established deformity and those without statistically significant differences. Sensitivity of the method applied to investigate the distinctive profile by ensuring claw toe was 70.7%, hallux valgus 64.0%, specificity 73.5% and 79.4%. About half of diabetic patients have asymmetric and deformed legs. It would be reasonable to offer to the market footwear in a variety of length and width numbers to the left and right leg. Method for measuring the threedimensional laser sensor is useful for identifying lameness.
Šifra	F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov		
Objavljeno v	Medicinski razgledi; Medicinski razgledi; 2011; Letn. 50, št. 4; str. 391-402; Avtorji / Authors: Kavaš Gregor, Urbančič-Rovan Vilma, Jezeršek Matija		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	13770267	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Merilnik tridimenzionalne oblike stopal na osnovi laserske rotirajoče merilne glave	
	ANG	Three-dimensional foot scanning system with a rotational laser-based measuring head	
		Slabo prileganje obutve k stopalu je eden glavnih razlogov za bolečine v stopalih ter bolezni in poškodbe stopal. Ustrezne 3-dimenzionalne meritve stopala zato omogočajo pridobivanje podatkov za izdelavo ustreznih oblik	

Opis	SLO	standardne obutve, prilagajanje obutve obliki stopala individualnega uporabnika, oblikovanje boljšega prilaganja obutve pri masovni proizvodnji in določanje kupcu najbolj prilagajočega modela v posamezni trgovini. Slabosti obstoječih sistemov so predvsem v visoki ceni in njihovi kompleksnosti. Zato se večinoma uporabljajo le v raziskovalne in medicinske namene. V članku predstavljamo inovativni merilnik stopal, posebej razvit za merjenje stopal v prodajalnah z obutvijo in specializiranih zdravstvenih ambulantah. Merilnik odlikuje nizka cena izdelave, konstrukcija omogoča visoko stopnjo mobilnosti, poenostavljen in pospešen je postopek merjenja.
	ANG	Three-dimensional (3D) measurements of the feet is crucial for the correct design and selection of shoes. Badly-fitting shoes are one of the major causes of pain, foot related diseases and injuries of the feet. This article presents a new system for 3D foot-shape measurements which is based on the laser-multiple-line-triangulation principle. The main part of a system is the measuring head comprising a three laser lines projection unit and two cameras, which rotate around the centre of the platform that the customer stands on, and measures both feet simultaneously. The developed software analyzes the different foot dimensions and suggests the most suitable model and size of a shoe from a database to the customer. Validation experiments have been presented to demonstrate the measuring precision of the system. The results show that the standard deviation for all feet dimensions is better than 0.6mm in case of test objects.
Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2014; Vol. 60, no. 11; str. 685-693; Impact Factor: 0.776; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU; Avtorji / Authors: Novak Boštjan, Babnik Aleš, Možina Janez, Jezeršek Matija	
Tipologija	1.01	Izvorni znanstveni članek

## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>7</sup>

Laična javnost je bila o razvoju tehnologije rekonstrukcije dojke obveščena preko družbenih medijev. Našteti so le nakateri izmed njih:

<http://www.rtv slo.si/zdravje/nov-nacin-rekonstrukcije-obolele-dojke-kalup-3d/255163>

<http://tvslo.si/predvajaj/innovativna-rekonstrukcija-dojk-po-raku/ava2.102290951/>

<http://vizita.si/clanek/novice/pri-nas-prvi-na-svetu-rekonstruirali-dojko-s-3d-kalupom-in-laserskimi-meritvami.html>

<http://www.viva.si/Novice/6992/V-UKCL-prvi-na-svetu-rekonstruirali-dojko-s-pomoC4%8Djolaserskih-meritev-in-trodimenzionalnega-kalupa>

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Rezultati raziskav predstavljajo glede na predhodno stanje tehnike izboljšave predvsem z vidika izboljšane natančnosti, hitrosti in enostavnejše izmere 3D oblike. Nadalje so bili razviti novi algoritmi za analizo spreminjanja lokalne oblike telesa ter določevanja pozicije telesnih značilnk v prostoru. Izvirne prispevke k znanosti na vseh obravnavanih temah predstavljajo tudi osnovo za vpeljavo novih metod diagnoze in zdravljenja bolezni v kliničnih praksah:

a) Tako je z vzpostavitvijo klinično uporabnega 3D laserskega merilnega sistema za področje kirurgije dojke in obraza možno rutinsko izvajati natančne pred- in pooperativne meritve ter individualno načrtovati in prilagajati kirurške posege. Dosežena je bolj celostna oskrba bolnic z

rakom dojke.

b) Izboljšani princip merjenja spreminjajoče se oblike prsnega koša omogoča natančnejšo meritev volumna prsnega koša med dihanjem in učinkovitejše učenje dihanja na osnovi vizualne povratne zanke.

c) Lasersko podprto merjenje oblike hrbtenice omogoča nov način zgodnjega odkrivanja in nadzora nekaterih bolezni hrbtenice.

d) Rezultati 3D merjenja kožnih ran so omogočili objektivnejše spremljanje in razumevanje celjenja kožnih ran.

e) Z razvojem optične metode tridimenzionalnega merjenja orientacije glave glede na trup smo vpeljali objektivnejšo diagnostiko in spremljanje učinkov zdravljenja tortikolisa.

f) Diabetično stopalo je možno s 3D merilnikom izmeriti bistveno natančneje in hitreje.

Postavljena so bila razvojna izhodišča za masovno prilagojeno obutev za bolnike s sladkorno boleznijo.

g) Izvedena je bila študija spreminjanja oblike golih in obutih stopal med hojo. Na tej osnovi je bil razvit nov model izračuna prileganja stopala v obuvalu. Rezultati predstavljajo pomembno osnovo za razvoj ergonomsko bolj prilagojene obutve.

Rezultati projekta bodo v prihodnje omogočili širšo uporabo optičnih 3D merilnih sistemov v medicini.

ANG

The research results, in relation to the prior state of the art, have improved in particular in terms of improved accuracy, speed and simplicity of the 3D measurement of the body. Furthermore, new algorithms have been developed for the analysis of alteration of the local shape of the body and the determination of the positions of physical feature. Original contributions to science on all relevant topics constitute the basis for the introduction of new methods of diagnosis and treatment of disease in clinical practice:

a) through the establishment of a clinically useful 3D laser measurement system for the field of breast surgery and facial can be applied routinely accurate pre- and postoperative measurements and individual plan and adapt surgery. More comprehensive care of patients with breast cancer was reached.

b) Improved principle of measuring the changing shape of the chest allows for more precise chest volume measurement during breathing and efficient breathing training based on visual feedback.

c) Laser-assisted measuring the shape of the spine enables a new way of early detection and control of certain diseases of the spine.

d) The results of the 3D measurement of skin wounds have enabled a more objective monitoring and understanding the healing of skin wounds.

e) With development of optical methods for measuring the three-dimensional orientation of the head in relation to the torso, we introduced a more objective diagnosis and monitoring treatment effects torticollis.

f) Diabetic foot can be measured with a 3D measuring device substantially more accurately and faster. A platform for mass customized footwear for patients with diabetes was developed.

g) A study of bare and shod feet during walking enabled a development of a new model of calculating the fit of the foot in the shoe. The results provide an important basis for the development of an ergonomically better adapted footwear.

The project results will in the future allow wider use of optical 3D measurement systems in medicine.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Raziskave na področju laserske triangulacije so omogočile splošni dvig znanja na področju 3D metrologije. To znanje se preko sodelovanja z industrijskimi partnerji, preko posodobljenega študijskega procesa in preko zaključnih nalog študentov že prenaša tudi na ostale panoge, kot sta nadzor procesov in spremljanje kakovosti izdelkov.

Drugi vidik pomembnosti rezultatov projekta je kakovostnejša obravnava bolnikov in podpora pri diagnosticiranju medicinskih stanj. Vse raziskave so bile namreč skrbno načrtovane s strani medicinske stroke, katera je velik poudarek posvečala predvsem praktičnosti in uporabnosti metod.

Ob koncu projekta smo razvili družino treh inovativnih 3D ročnih merilnikov, ki pokrivajo veliko, srednje in malo merilno območje. S tem smo odgovorili na potrebe zdravnikov in sofinancerja, podjetja Fotona, ki potrebujejo merilnike, s katerimi je možno hitro in enostavno merjenje tako 3D oblike, kakor tudi barve površine.

Za podjetje Fotona je velikega pomena tudi, da se projekt s pomembnim delom raziskav navezuje na problematiko, ki je zanj zanimiva predvsem z vidika boljšega planiranja ter spremljanja učinkov laserskih posegov. Z novimi metodami bodo lahko razvijali in optimirali metode laserskega zdravljenja. Istočasno se ponuja možnost proizvodnje in trženja medicinskih laserskih merilnikov, kar predstavlja za Fotono novo tržno nišo.

ANG

The research in the field of laser triangulation has enabled general increase of knowledge in the field of 3D metrology. This knowledge is being already disseminated also into other sectors such as process control and monitoring of product quality through cooperation with industrial partners, through the modernized study process and through the master's thesis of many students carry over.

Second aspect of importance of the results is more precise consideration of patients through innovative diagnosis of disease. All studies were carefully planned by the medical experts, which devoted great emphasis to the practicality and usability.

At the end of the project we have developed a family of three innovative 3D handheld measuring systems, covering high, medium and low measuring range. We thus respond to the needs of physicians and co-financier, company Fotona, who need systems for quick and simple measurement of both, the 3D shape, as well as the color of the surface.

For a company Fotona is also of great importance that the project is related with a significant portion of the research to the problem, which is particularly interesting in terms of better planning and monitoring the effects of laser procedures. They will be able to develop and optimize laser medical treatments. At the same time there is a possibility of manufacturing and marketing of 3D laser measuring systems, which represents Fotona's new niche market.

#### 10. 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		
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>



	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>

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

**Komentar**

--

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

	<b>Vpliv</b>	<b>Ni vpliva</b>	<b>Majhen vpliv</b>	<b>Srednji vpliv</b>	<b>Velik vpliv</b>	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
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"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

--

**12.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>11</sup>**

	Sofinancer		
1.	Naziv	Fotona d.d.	
	Naslov	Stegne 7, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	94.006	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
		1.	Razvoj optičnega 3D merilnika za karakterizacijo topografije kože po laserskem dermatološkem posegu. V pripravi sta dva prispevka, ki opisujeta metodo merjenja ter rezultate kliničnih raziskav.
	2.	Karakterizacija orientacije glave z ročnim optičnim 3D merilnikom. Objavljen je bil znanstveni članek: Characterization of the head-to-trunk orientation with ..."	F.21

	3.	Uporaba 3D laserskega merjenja in nove metode izdelave kalupa pri optimizaciji rekonstrukcije dojg. Objavljen je bil znanstveni članek: "The use of 3D laser imaging and a new breast replica cast ...".	F.21
	4.	Razvoj laserskega 3D merilnega sistema za vzpostavitev vizualne povratne zanke za učenje dihanja. Objavljen je bil znanstveni članek: "Laser 3-D measuring system and real-time visual...".	F.13
	5.	Razvoj merilnika tridimenzionalne oblike stopal na osnovi laserske večlinijske triangulacije. Objavljen je bil znanstveni članek: " 3D laser measurements of bare and shod feet during walking"	F.13
Komentar	Delo na projektu LASTRIM je potekalo skladno s planom in našimi pričakovanji. Številne novosti na področju razvoja 3D laserskih merilnih sistemov in algoritmov so bile izvedene z mislijo na končnega uporabnika, kar daje rezultatom veliko možnost uveljavitve v praksi. To pa je za nas sofinancerje ključnega pomena.		
Ocena	Projekt se s pomembnim delom raziskav navezuje na problematiko, ki je za Fotonovo zanimiva predvsem z vidika boljšega načrtovanja in spremljanja učinkov laserskih posegov. Na osnovi novih metod, ki so bile raziskane v okviru projekta, bo možno razvijati in optimirati metode laserskega zdravljenja. Istočasno se ponuja možnost proizvodnje in trženja medicinskih laserskih merilnikov, kar predstavlja za Fotonovo novo tržno nišo. Raziskave so bile skrbno načrtovane s strani inženirske in medicinske stroke, ki sta poudarek posvečali predvsem praktičnosti in uporabnosti metod. Rezultati te interdisciplinarne raziskave so pomembni za razvoj novih vrst laserskih medicinskih sistemov in za njihovo uvajanje v bodoči klinični praksi.		
2.	Naziv	Ministrstvo za zdravje	
	Naslov	Štefanova 5, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	12.000	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	4	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Razvoj optičnega 3D merilnika za karakterizacijo topografije kože po laserskem dermatološkem posegu. V pripravi sta dva prispevka, ki opisujeta metodo merjenja ter rezultate kliničnih raziskav.	F.13
	2.	Karakterizacija orientacije glave z ročnim optičnim 3D merilnikom. Objavljen je bil znanstveni članek: "Characterization of the head-to-trunk orientation with ..."	F.21
	3.	Uporaba 3D laserskega merjenja in nove metode izdelave kalupa pri optimizaciji rekonstrukcije dojg. Objavljen je bil znanstveni članek: "The use of 3D laser imaging and a new breast replica cast ..."	F.21
	4.	Razvoj laserskega 3D merilnega sistema za vzpostavitev vizualne povratne zanke za učenje dihanja. Objavljen je bil znanstveni članek: "Laser 3-D measuring system and real-time visual...".	F.13
	5.	Razvoj merilnika tridimenzionalne oblike stopal na osnovi laserske večlinijske triangulacije. Objavljen je	F.13

		bil znanstveni članek: " 3D laser measurements of bare and shod feet during walking"
Komentar		V okviru projekta LASTRIM so bili razviti številni novi merilniki 3D oblike teles, ki so se uporabili v namene sledenja sprememb človeškega telesa, diagnosticiranja, zdravljenja in tudi razvoja ustreznih ortopedskih pripomočkov. Njihova uporabnost pa se kaže tudi na širšem področju tehnike in trgovine. Najpomembnejše novosti so naštet v zgornji tabeli, iz katere je razvidno da se prispevki nanašajo na področja laserske tehnike, plastične kirurgije, ortopedije, pulmologije, dermatologije, nevrobiologije in diabetologije.
Ocena		Ministrstvo za zdravje sofinancira raziskave s področja medicinskih ved. Pomen rezultatov tovrstnih raziskav je predvsem v bolj kakovostni obravnavi bolnikov in podpora pri diagnosticiranju medicinskih stanj. Raziskave na področju laserske triangulacije so omogočile tudi dvig znanja na področju 3D metrologije v medicini in zavedanja njenih prednosti in omejitev. Vse raziskave so bile namreč skrbno načrtovane s strani tehnične in medicinske stroke, katera je velik poudarek posvečala predvsem praktičnosti in uporabnosti metod. Gre namreč za uporabno medicinsko raziskavo, povezano s klinično prakso, cilj katere je prenos rezultatov znanstvenih raziskav v klinično delo.

### 13. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>12</sup>

#### 13.1. Izjemni znanstveni dosežek

3D merjenje bose in obute noge med hojo

Predstavljen je laserski triangulacijski sistem za tridimenzionalne (3D) meritve oblike stopala med hojo, ki temelji na več-linijskem osvetljevanju in barvni modulaciji projiciranega vzorca. Merilni sistem sestoji iz pohodnega odra ter štirih merilnih modulov, ki sočasno zajamejo celotno obliko stopala. Pri tem hitrost merjenja znaša 30 vzorcev/s. Z razvito programsko opremo je mogoče v poljubnem prečnem prerezu analizirati karakteristične dimenzije stopala kot so širina, višina, obseg in orientacija. Izvedene so bile eksperimentalne meritve golih in obutih stopal med hojo na šestih pacientih. Relativna ponovljivost meritev posameznega pacienta znaša 0.5% za golo nogo ter 1% za obuto nogo. Na tej osnovi je bil razvit nov algoritem za kontrolo oblikovnega ujemanja stopala in notranje oblike obuvala. Rezultati študije predstavljajo pomembno osnovo za razvoj ergonomsko bolj prilagojene obutve.

#### 13.2. 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*

*vodja raziskovalnega projekta:*

raziskovalne organizacije:

in

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za  
strojništvo

Janez Možina

---

## ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

10.3.2015

---

### Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/170

<sup>1</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

<sup>2</sup> 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](#)

<sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>4</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

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

<sup>11</sup> 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](#)

<sup>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (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/2015 v1.00a

EE-7D-DA-E3-31-08-5D-E2-FA-48-59-08-B2-7A-A6-29-6E-62-50-18

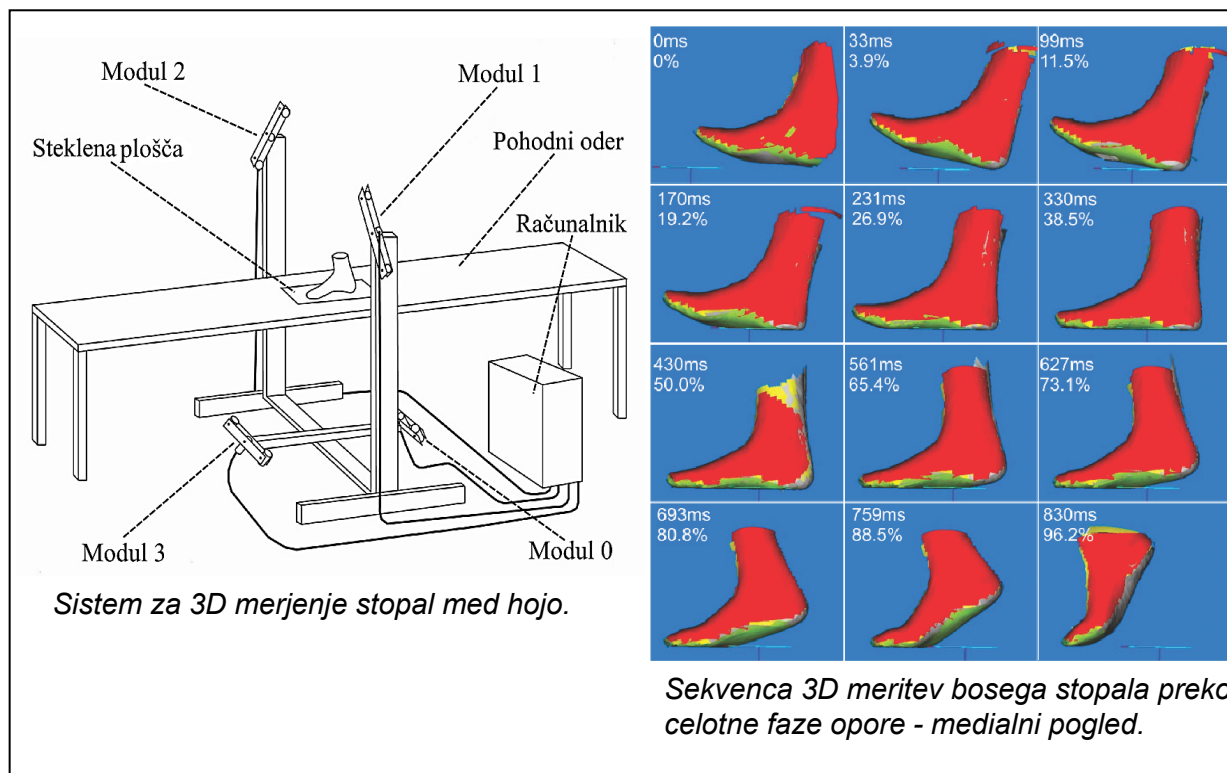
## **Priloga 1**

# TEHNIKA

## Področje: 2.06 – Sistemi in kibernetika

### Dosežek 1: 3D merjenje bose in obute noge med hojo

Vir: Boštjan Novak, Janez Možina, Matija Jezeršek, "3D laser measurements of bare and shod feet during walking", Gait posture, vol. 40, issue 1, str. 87-93, Mar. 2014



Razvit je laserski triangulacijski sistem za tridimenzionalne (3D) meritve oblike stopala med hojo, ki temelji na več-linijskem osvetljevanju in barvni modulaciji projiciranega vzorca. Merilni sistem sestoji iz pohodnega odra ter štirih merilnih modulov, ki sočasno zajamejo celotno 3D obliko stopala. Pri tem hitrost merjenja znaša 30 vzorcev/s. Z razvito programsko opremo je mogoče v poljubnem prečnem prerezu analizirati karakteristične dimenzije stopala kot so širina, višina, obseg in orientacija. Izvedene so bile eksperimentalne meritve golih in obutih stopal med hojo na šestih pacientih. Relativna ponovljivost meritev posameznega pacienta znaša 0.5% za golo nogo ter 1% za obuto nogo. Na tej osnovi je bil razvit nov algoritem za kontrolo oblikovnega ujemanja stopala in notranje oblike obuvala. Rezultati študije predstavljajo pomembno osnovo za razvoj ergonomsko bolj prilagojene obutve.

To je eden izmed treh sistemov v svetu, ki omogočajo 3D merjenje celotnega stopala med hojo.