

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/43

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0221
Naslov projekta	Hibridno adaptivni nadzor procesa frezanja z oblikovnim frezalom
Vodja projekta	8634 Franc Čuš
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	405 EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o.
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	06.
Naziv	Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o.
	Naslov	Bežigradska cesta 10, 3000 Celje, Slovenija
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

Raziskovalna hipoteza:

Pomanjkljivost modernih obdelovalnih sistemov (obstoječa tehnologija) je, da se rezalni parametri še vedno programirajo posredno v off-line načinu. Rezalni parametri se izbirajo pred obdelavo na osnovi izkušenj programerja in tehnoloških priročnikov. Da ne pride do pretirane obrabe in poškodb orodja, so rezalni pogoji običajno izbrani ekstremno konzervativno, zato so mnogi moderni CNC centri neučinkoviti. To je najbolj izrazito pri visoko-hitrostni obdelavi. Če želimo izboljšati učinkovitost stroja, je potrebno rezalne parametre prilagajati med obdelavo. Rešitev problema vidimo v uporabi adaptivnih sistemov vodenja (nova tehnologija), ki omogočajo on-line adaptacijo rezalnih parametrov. Ciljno usmerjen del trga vidimo prav v slovenskih orodjarnah, kjer bi z implementacijo razvitega sistema uspeli povečati učinkovitost in s tem tudi dodano vrednost obstoječih strojev za 40%. Na trgu obstaja precej adaptivnih regulacijskih sistemov, njihovo uvajanje na obstoječi NC stroj predstavlja velik investicijski zalogaj, saj je potrebno spremeniti celotno osnovno kibernetsko strukturo stroja. Nasprotno pa je pri predlaganem sistemu potrebno integrirati na stroj le merilnik in s serijsko povezavo povezati CNC krmilnik s PC-jem, na katerem deluje optimizacijski algoritem. Konkurenčna prednost razvitega sistema je prav v njegovi enostavni zgradbi ter enostavni in hitri integraciji na stroj z minimalnimi stroški (strošek merilnika in Pc-ja).

Na osnovi navedenih dejstev se je izoblikoval naslednji cilj projekta:

Cilj projekta je bil izdelati sistem, ki s posrednim optimiranjem in digitalno adaptacijo rezalnih parametrov nadzoruje rezalno silo in ohranja konstantno hrapavost obdelane površine med visokohitrostnim frezanjem. V ta namen je izdelan postopek hibridnega modeliranja procesa odrezavanja (ANfis-sistem), ki je uporabljen pri izdelavi CNC-simulatorja freziranja. Namen simulatorja je testirati stabilnost sistema in uglasiti parametre nevronske krmilne sheme. Učinkovitost predlaganega sistema vodenja, ki se kaže v izboljšani kvaliteti površine in manjši obrabi orodja, je testirana na frezalnem stroju.

Planirane aktivnosti našega raziskovalnega tima so bile osredotočene predvsem na področje odrezovalnih postopkov in področje inteligentnih proizvodnih strojev in naprav. Aktivnosti so podane v naslednjih točkah:

- razvoj CNC-krmilne enote z možnostjo učenja na osnovi nevronske mreže.
- Razvoj in izdelava inteligentnih adaptivnih avtonomnih sistemov vodenja za visoko-hitrostno freziranje s težko opredeljivo dinamiko.
- Modeliranje in optimizacija odrezovalnih postopkov z evolucijskimi algoritmi, nevronskimi mrežami in metodami inteligence rojev (npr. PSO optimizacija).

V nadaljevanju so povzeti kronološko najpomembnejši realizirani cilji, ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultati in učinki raziskovalnega projekta.

1. Pri izdelavi inteligentnega samoučljivega sistema vodenja za visoko-hitrostno freziranje s težko opredeljivo dinamiko so izvedene naslednje aktivnosti: zasnovan je načrt eksperimentov-meritev; realizirana je nova merilna veriga za merjenje rezalnih sil (Kistler merilnik, nabojni ojačevalac, AD pretvornik, kartica za zajemanje podatkov, Labview); razvita je nova programska oprema za zajemanje rezalnih sil (Labview); programska oprema je temeljito testirana, izbrana, nakupljena, umerjena in nastavljena so vsa potrebna rezalna orodja; izbrani in izdelani so testni obdelovanci; izdelani so CNC-programi na obdelovalnem stroju za procese meritev; po načrtu eksperimentov so izvedene meritve rezalnih sil in pripadajoče hrapavosti površine za najpogosteje uporabljeno končno frezala; izdelana je sistematično urejena obsežna baza rezalnih veličin, izdelana je statistična analiza izmerjenih veličin z grafičnimi prikazi rezultatov; Testiran je modul za vzpostavitev komunikacije: sistem vodenja-CNC-krmilje stroja FAGOR 8040-M. Ugotovitve in znanstveno spoznanja do katerih smo se dokopali so: signali rezalnih sil nudijo največ informacij o stanju orodja (obraba in poškodbe), zato ni potrebe po implementaciji multi-senzorskega pristopa, ki je za 300-350 % dražji; z obvladovanjem rezalnih sil se lahko uspešno nadzoruje hrapavost površine, ki je bistven kazalec kakovosti procesa odrezavanja; signali rezalnih sil so v korelaciji z izmerjeno hrapavostjo površine in obrabo proste ploskve orodja; merilna veriga omogoča dovolj hitro in natančno zajemanje podatkov tudi pri velikih rezalnih hitrostih in malih premerih orodij; Lastna frekvenca piezo-merilnika sil (3kHz) je primerna za izvajanje meritev. Kartica za zajemanje podatkov omogoča dovolj veliko hitrost vzorčenja(250kS/s) in ima na razpolago dovolj prostih kanalov za komunikacijo s krmiljem.

2. Pri zasnovi in realizaciji sistema za on-line nastavljanje rezalnih parametrov je bil razvit celovit postopek hibridnega modeliranja dinamike odrezovalnega procesa, ki temelji na

kombinaciji metode nevronske mreže, mehke logike. V okviru hibridnega modeliranja poteka izdelava: simulacijskega modela CNC-frezanja, zasnovan je eksperimentalni postopek snemanja dinamike podajalnega servo-pogona, pripravljena je vsa merilna oprema za eksperimentalno snemanje prehodna funkcija podajalnega servo-pogona, izdelani so blok diagrami adaptivnih nevronske- mehkih inferenčnih modelov za izbiro frezal in napovedovanje priporočenih rezalnih parametrov. Programiranje je uspešno izvedeno. Ugotovili smo, da je pripravljena baza podatkov dovolj natančna in zadostuje za izdelavo hibridnega modeliranja dinamike procesa. Anfis metoda se je izkazala za predvsem hitro, natančno in učinkovito metodo modeliranja. Preprostost in hitrost izdelave modelov je njena največja vrlina. Natančnost napovedi je za 16% večja kot pri nevronske mreže. Največji učinek metode je v prikazu logičnih povezav med vhodi in izhodi modela.

3. V merilno verigo je vključena nova USB kartica za zajemanje podatkov. Kartica zdaj omogoča dovolj veliko hitrost vzorčenja (450kS/s) tudi pri velikih rezalnih hitrostih in malih premerih orodij; Izvedena je primerjava zmogljivosti obeh kartic; Dokončan in preizkušen je eksperimentalni model; Zasnovana je procedura izdelave nevronskega modela rezalnih sil; Izvedena je priprava podatkov za učenje in testiranje nevronske mreže; Vhodni parametri (rezalnih parametrov) in izmerjene rezalne sile so bile združene v podatkovno matriko; Izvedena je normalizacija podatkov v matriki, razčlenitev matrike na vhodno-izhodni vektor nevronske mreže, razdelitev vhodno-izhodnega vektorja na niza za učenje in testiranje nevronske mreže; Zasnovana je simulacijska metoda za določitev optimalnih parametrov učenja nevronske mreže; Izbrana je optimalna arhitektura nevronske mreže in optimalni parametri učenja nevronske mreže; Uspešno je končan postopek učenja in testiranja nevronske mreže; Izdelan in preizkušen je nevronski model rezalnih sil; Izdelana je analiza rezultatov nevronskega modela in grafična primerjava napovedanih in izmerjenih rezalnih sil; Nevronski model rezalne dinamike je vključen v CNC simulator procesa freziranja; Zaključena je faza izdelave modula za vzpostavitev komunikacije: sistem vodenja-CNC-krmilje stroja FAGOR 8040-M; Izbrana je bila serijska komunikacija med CNC krmiljem stroja in sistemom vodenja na PC-ju. S tri žičnim null modom kablom je bila izdelana fizična povezava; Konfigurirana so bila varata na obeh straneh serijske povezave; Zasnovan je bil protokol pošiljanja telegrama; Vzpostavljena je hierarhija podrejeni in nadrejeni računalnik. Izdelana je procedura spreminjanja hierarhije; Definirane so časovne sekvence pošiljanja telegrama; Izdelana je metoda za odkrivanja napak pri prenosu telegrama; Sprogramirana je CRC-16 kontrolna koda za odkrivanje napak prenosa, ki najde napako v 17 bitnem telegramu z 99,99% verjetnostjo; V telegram sta integrirani DNCFRO in DNCSSO funkciji CNC krmilja. S preizkusi smo uspeli vzpostaviti komunikacijo, prevzeti nadzor nad krmiljem stroja in nato vzpostaviti začetno stanje. Testirali smo več-ciklični način vzpostavljanja komunikacije. Preizkušen je grafični vmesnik za vzpostavljanje komunikacije; Izdelan je blok diagram grafičnega vmesnika. Dokončana je nadzorno-upravljalna maska nadzorne plošče; Izveden je eksperimentalni postopek snemanja prehodne funkcije podajalnega servo-pogona z ball-bar merilnim sistemom. Za določitev prehodne funkcije so izvedene naslednji koraki: kalibriranje merilnika, izvedba testa, prenos podatkov v datoteko, izračun parcialnih podajalnih hitrosti v prehodnem pojavu in izris prehodnega pojava. Na osnovi prehodne funkcije je izdelana prenosna funkcija sistema, ki je podana z členom 2. reda. Preizkusi so potrdili, da je ball-bar merilni sistem s stopnjo vzorčenja 250S/s in natančnostjo 5 mikronov dovolj natančen za snemanje prenosne funkcije podajalnega pogona.

4. Sledila je izdelava CNC simulatorja odrezavanja v programu Matlab-simulink. V okviru te faze so se posamezni modeli integrirali v simulacijsko okolje, ki je nato služilo za iskanje optimalnih algoritmov vodenje in fino uglaševanje parametrov. Ugotovljeno je, da je neprimernejši nevronski regulator s strukturo 8-4-2. Simulacije potrjuje njegovo robustnost in neobčutljivost na nepredvidljivost procesa freziranja. S simulacijami je izvedena primerjava različnih regulatorjev (PI, PID, FUZZY, MRAC). Ugotovljeno je, da ima najenostavnejšo zgradbo PI regulator, zato je njegova odzivnost največja. MRAC ima najbolj kompleksno zgradbo, zato ni primeren. Rezultati simulacij potrjuje stabilnost, robustnost in učinkovitost predlaganega nevronskega algoritma vodenja.

5. V zadnji fazi je potekalo eksperimentalno testiranje sistema vodenja na obdelovalnem stroju. Eksperimenti so izvedeni za 4 testne obdelave: za freziranje utora sinusne oblike, za freziranje stopničastega obdelovanca, za freziranje prizmatičnega obdelovanca in kotna obdelava. Nevronski krmilni sistem se odlično obnese v vseh testnih obdelavah. Izvedena je časovna analiza za konvencionalno freziranje in adaptivno freziranje s predlaganim sistemom. Ugotovljeno je, da s predlaganim adaptivnim sistemom vodenja dosežemo v določenih primerih tudi 40% časovni prihranek v enem rezu.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Vsi zastavljeni raziskovalni cilji so bili realizirani v smeri, ki je bila določena s terminskim načrtom izvajanja projekta. Raziskave v sklopu našega tima so dosegle zelo visoko stopnjo realizacije zastavljenih ciljev. To se navsezadnje vidi v številu izvedenih eksperimentov, opravljenih meritev, izdelanem sistemu vodenja in nadzora obdelovalnega procesa, nadgrajenem obdelovalnem stroju, posodobljenimi tehnološkimi bazami, optimiranem procesu obdelave in številnimi malimi inovacijami. Z raziskovalnim delom na področju raziskav frezanja in postopkov modeliranja ter vodenja smo dosegli vrhunske rezultate z izvirnimi rešitvami, ki jih dokazujemo z znanstvenimi objavami, citiranostjo in ustrezno raziskovalno opremo. V enem letu smo v najuglednejših mednarodnih revijah z našega področja objavili 2 članka na podano tematiko. Reviji se uvrščata v 1/4. Raziskovalci so natančno sledili zastavljenemu terminskemu planu raziskav, podali natančen opis rezultatov, analizirali dosedanje raziskave in spoznanja ter pripravili vse potrebno za izvedbo bodočih raziskav.

Prvi cilj – Pripravljalna faza izdelave inteligentnega samo-učljivega sistema vodenja za visokohitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko je bil nadvse uspešno realiziran. Izdelan je nacrt eksperimentov, merilna veriga s softverom za zajemanje podatkov, izvedene so vse potrebne meritve, izdelana je tehnološka baza rezalnih velicin in pripadajočih orodij. S eksperimenti smo še bolj natančno dokazati korelacijo med komponentami rezalne sile in hrapavosti obdelane površine. Kljub začetnim težavam in zakasnitvam smo tudi ta plan predčasno realizirali. Tudi drugi cilj raziskav – Izdelava CNC simulatorja dinamike odrezavanja in priprava eksperimentalnega postopka snemanja dinamike podajalnega servo-pogona je bil uspešno in pravočasno realiziran.

Sledilo je ugaševanje celotnega sistema ter analiza njegove stabilnosti in izdelava modula za vzpostavitev komunikacije CNC-krmilje-sistem vodenja. Realizacija tega cilja se je izkazala kot najtežja in najzahtevnejša. Predstavljala je ključno-prelomno fazo projekta in je bila ključna za uspešno in pravočasno realizacijo celotnega projekta. Sledila je izdelava softvera za digitalno adaptacijo rezalnih parametrov in končno eksperimentalno testiranje sistema na obdelovalnem stroju. V okviru te faze smo preučili vplive sistema na delovno okolje, stabilizacijo procesa in daljšo življenjsko dobo stroja/orodja. Izvedene so vse potrebne meritve vplivnih velicin pred integracijo in adaptacijo sistema. Ta faza je bila časovno najbolj kritična in zahtevna saj je potekala v industrijskem okolju med samo proizvodnjo.

Povzetek: Vsi glavni cilji projekta so realizirani in ni bilo signifikantnih odstopanj pri izvedbi zastavljenega programa.

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

Ni bilo sprememb programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<p><i>SLO</i> Adaptivni nevro-mehki inferencni sistem ocenjevanja obrabe proste ploskve pri oblikovnem frezanju.</p> <p><i>ANG</i> Adaptive network based inference system for estimation of flank wear in end-milling</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Cilj clanka je predstaviti razvoj zanesljive metode za napovedovanje obrabe med procesom oblikovnega frezanja. Uporabljena je neuro-fuzzy tehnika napovedovanja obrabe proste ploskve frezala na osnovi signalov izmerjenih rezalnih sil. Namen metode je izluščiti učinkovit lingvistični model za napovedovanje obrabe na osnovi znanja, ki je zbrano v naučeni nevronske mreži. Napaka napovedi znaša do 3% z učenjem mreže z pravilom vzratnega širjenja napake.</p> <p><i>ANG</i> The focus of this paper is to develop a reliable method to predict flank wear during end-milling process. A neural-fuzzy scheme is applied to perform the prediction of flank wear from cutting force signals. In this contribution we also discussed the construction of a ANFIS system that seeks to provide a linguistic</p>

			model for the estimation of tool wear from the knowledge embedded in the neural network. The estimation error is up to 3% by using neural network trained with backpropagation algorithm.
	Objavljeno v		ŽUPERL, U., ČUŠ, F., KIKER, E.. Adaptive network based inference system for estimation of flank wear in end-milling. J. mater. process. technol., 2009, 209, 1504-1511, JCR IF (2008): 1.143
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		12406806
2.	Naslov	SLO	Optimiranje visoko-hitrostnega oblikovnega frezanja z uporabo kolektivne inteligence rojev.
		ANG	Particle swarm intelligence based optimisation of high speed end-milling.
	Opis	SLO	V raziskavi je prikazan postopek vec-ciljnega optimiranja procesa frezanja z uporabo nevronskega modeliranja in optimizacije, ki temelji na zakonitostih gibanja malih delcev v velikih jatah. Za napovedovanje rezalnih sil je uporabljen model rezalnih sil, za določitev optimalne rezalne hitrosti in podajanja uporabimo PSO-algorem. Eksperimentalni rezultati pokažejo, da se MRR izboljša za 28%. Opažena je tudi 20% redukcija časa obdelave. Članek pripravi teren za nov razred EC optimizacijskih tehnik na področju obdelave z odrezavanjem.
		ANG	This study has presented multi-objective optimization of milling process by using neural network modelling and Particle swarm optimization. A neural network model was used to predict cutting forces during machining and PSO algorithm was used to obtain optimum cutting speed and feed rate. The experimental results show that the MRR is improved by 28%. Machining time reductions of up to 20% are observed. This paper opens the door for a new class of EC based optimization techniques in the area of machining.
	Objavljeno v		ČUŠ, F., ŽUPERL, U.. Particle swarm intelligence based optimisation of high speed end-milling. Archives of computational materials science and surface engineering, 2009, 1, 148-154.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		13224214	
3.	Naslov	SLO	Nevronski sistem vodenja za zagotavljanje konstantne rezalne sile med procesom oblikovnega frezanja.
		ANG	Neural control strategy of constant cutting force system in end milling
	Opis	SLO	V članku je prikazana uporaba strategije nevronske adaptivne regulacije rezalnih sil pri operacijah visoko-hitrostnega frezanja. Cilj članka je predstaviti zanesljiv, robusten nevronski regulator, ki z prilagajanjem podajanja preprečuje prekomerno obrabo, lom orodja in vzdržuje veliko stopnjo odvzemanja materiala.
		ANG	This paper discusses the application of neural adaptive control strategy to the problem of cutting force control in high speed end milling operations. The purpose of the paper is to present a reliable, robust neural controller aimed at adaptively adjusting feed-rate to prevent excessive tool wear, tool breakage and maintain a high chip removal rate.
	Objavljeno v		ŽUPERL, U., ČUŠ, F., REIBENSCHUH, M., Robot. comput.-integr. Manuf, 2010, 485-493, JCR IF (2009): 1.687.
Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID		14702614	
4.	Naslov	SLO	Modeliranje in adaptivna regulacija rezalnih sil pri frezanju z uporabo tehnik umetne inteligence.
		ANG	Modelling and adaptive force control of milling by using artificial techniques
	Opis	SLO	Za povečanje produktivnosti je izdelan samoučljiv sistem vodenja procesa frezanja. Sistem vodenja sestavljajo nevronski identifikator procesa in mehki zaprto-zančni krmilni modul. Z izdelanim sistemom smo uspeli zmanjšati obdelovalne čase, podaljšati življenjsko dobo orodja in izboljšali učinkovitost odrezavanja. Prednost sistema je, da ne potrebuje predhodnega znanja o regulacijskih zankah stroja in dinamikami procesa. Ima zmožnost paralelnega procesiranja, samo-učenja in obdelave velikega števila s senzorji pridobljenih informacij.
			To increase productivity, a new adaptive learning control system in milling processes has been developed.

			Based on proposed control system which consists of neural network dynamics model of the process and fuzzy feedback control module. The developed control system can reduce the machining time, protect the cutting tool, and increase the cutting efficiency. The main advantage of this approach is that the use of an adaptive learning control of milling processes does not require a priori knowledge about the servo-loops and the milling process dynamics.
	Objavljeno v		ZÜPERL, U., ČUŠ, F., REIBENSCHUH, M.. J. intell. manuf., 2010, JCR IF (2009): 0.938.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		14723350
5.	Naslov	SLO	Nadzor orodja v popolnoma avtomatiziranih obdelovalnih sistemih
		ANG	Tool condition monitoring in unmanned flexible manufacturing system
	Opis	SLO	Glavni namen raziskave je bil izdelati sistem nadzora orodja, ki je sposoben v realnem času identificirati obrabo oziroma poškodbe rezalnega orodja in ustrezno korigirati nadaljnji proces obdelave. To mu omogoča inovativna zgradba, ki se sestoji iz kombinacije nevronskega sistema odločanja in ANFIS napovedovanja obrabe orodja. Glavna predpostavka raziskave je, da signali izmerjenih rezalnih sil vsebujejo največ uporabnih informacij o stanju orodja. Zato je uporabljena metoda ANFIS, ki iz signalov izmerjenih rezalnih sil izlušči pomembne značilnosti o stanju orodja.
		ANG	The original contribution of the research was the developed monitoring system that can detect tool breakage in real time by using a combination of neural decision system and ANFIS tool wear estimator. The principal presumption was that force signals contain the most useful information for determining the tool condition. Therefore, the ANFIS method is used to extract the features of tool states from cutting force signals. ANFIS method seeks to provide a linguistic model for the estimation of tool wear from the knowledge embedded in the artificial neural network.
	Objavljeno v		ZÜPERL, U., KOPAČ, J., REIBENSCHUH, M.. Innovative production systems key to future intelligent manufacturing. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering; Skopje: Faculty of Mechanical Engineering, 2010, 39-43.
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID		14606358	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1.	Naslov	SLO	Intelligentno vodenja procesa frezanja z uporabo inverznega modeliranja in mehkega povratno-zančnega mehanizma.
		ANG	Intelligent control of milling process by inverse modelling and fuzzy feedback mechanism.
	Opis	SLO	Za povečanje produktivnosti je izdelan samoučljiv sistem vodenja procesa frezanja. Sistem vodenja sestavljajo nevronskega identifikator procesa in mehki zaprto-zančni krmilni modul. Z izdelanim sistemom smo uspeli zmanjšati obdelovalne case, podaljšati življenjsko dobo orodja in izboljšali učinkovitost odrezavanja. Prednost sistema je, da ne potrebuje predhodnega znanja o regulacijskih zankah stroja in dinamiki procesa.
		ANG	To increase productivity, a new adaptive learning control system in milling processes has been developed. Based on proposed control system which consists of neural network dynamics model of the process and fuzzy feedback control module. The developed control system can reduce the machining time, protect the cutting tool, and increase the cutting efficiency. The main advantage of this approach is that the use of an adaptive learning control of milling processes does not require a priori knowledge about the servo-loops and the milling process dynamics.
	Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci

	Objavljeno v		ŽUPERL, U., CUŠ, F.. Intelligent control of milling process by inverse modelling and fuzzy feedback mechanism. International Scientific Conference Management of Technology Step to Sustainable Production, MOTSP 2009, 2009, 136-141.
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID		13249046
2.	Naslov	SLO	Samo-ujljiva strategija vodenja aplicirana na sistem frezanja
		ANG	Self-learning control strategy with application to milling system.
	Opis	SLO	V članku je opisana izdelava nevronskega sistema vodenja za nadzor obremenitev na obdelovalnem stroju. Sledi opis izdelave sistema, simulatorja, simuliranje delovanja krmilnika, iskanje optimalnih nastavitev krmilnika in nazadnje eksperimentalno testiranje na obdelovalnem stroju.
		ANG	Paper describes the development of neural control system for load monitoring on machine tool. The description of making the system, simulator, controller simulations, searching for optimal parameters of controller and finally the experimental testing on machine tool follows.
	Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v		CUŠ, F., ŽUPERL, U., GECEVSKA, V.. Self-learning control strategy with application to milling system. Annals of DAAAM for 2009 & proceedings of the 20th International DAAAM symposium "Intelligent manufacturing & Automation: "Focus on theory, practice and education, 2009, 451-452
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID		13651478
3.	Naslov	SLO	Strategija vodenja za zagotavljanje konstantne rezalne sile in maksimiranje stopnje odvzetega materiala
		ANG	Control strategy of constant milling force system and metal removal rate maximization.
	Opis	SLO	V članku je opisana izdelava strategije vodenja za nadzor obremenitev na obdelovalnem stroju. Sledi opis izdelave sistema, simulatorja, simuliranje delovanja krmilnika, iskanje optimalnih nastavitev krmilnika in nazadnje eksperimentalno testiranje na obdelovalnem stroju.
		ANG	Paper describes the development of control strategy for load monitoring on machine tool. The description of making the system, simulator, controller simulations, searching for optimal parameters of controller and finally the experimental testing on machine tool follows.
	Šifra		B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v		ČUŠ, F., BALIČ, J., ŽUPERL, U.. 7th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics ICINCO 2010 [and] ANNIP, Artificial Neural Networks and Intelligent Information Processing Workshop, [and] special session IVC & ITS Intelligent Vehicle Controls & Intelligent Transportation System, Funchal, Madeira, Portugal, 2010, 1, 265-268.
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID		14293782
4.	Naslov	SLO	Primerjava različnih optimizacijskih in regulacijskih procedur.
		ANG	Comparison of different optimization and process control procedures.
	Opis	SLO	V članku je predlagan nov inteligentni sistem izbire rezalnih pogojev in optimalnega rezalnega orodja pri operacijah frezanja. Eksperimentalni rezultati potrjujejo, da je predlagan pristop primeren in učinkovit pri reševanju kontinuiranih kompleksnih optimizacijskih problemov, ki jih srečamo v obdelovalni tehniki. Sistem je zgrajen z uporabo programa Matlab in Labview. Vsebuje inferenčno jedro, uporabniški vmesnik, bazo znanja, bazo pravil in optimizacijski modul.
		ANG	This paper proposes a new intelligent system for selection of cutting tools and conditions of milling operations. Experimental results confirm that proposed approach is suitable and efficient for solving complex continuous optimization problems in machining. It consists of inference core, user interface, knowledge and rule base and optimization module.

	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	REIBENSCHUH, M., ČUŠ, F., ŽUPERL, U.. International Scientific Conference Management of Technology Step to Sustainable Production, MOTSP 2010, 2-4 June, 2010.	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	14174742	
5.	Naslov	<i>SLO</i>	Inteligentni sistem za izbiro rezalnega orodja in rezalnih pogojev
		<i>ANG</i>	An intelligent system for cutting tool and condition selection
	Opis	<i>SLO</i>	V članku je predlagana nov inteligentni sistem optimiranja rezalnih pogojev in izbire optimalnega rezalnega orodja, ki bazira na samoučenju. S sistemom se določa optimalne rezalne parametre pri obdelovalnih operacijah. Sistem je zgrajen z uporabo programa Matlab in Labview. Vsebuje inferenčno jedro, uporabniški vmesnik, bazo znanja, bazo pravil in optimizacijski modul. Sestoji se iz treh delov: Anfis-ovega izbirnega modula, modula za posredno optimiranje in modula za digitalno on-line optimiranje.
		<i>ANG</i>	This paper presents the development of an intelligent system for selection of cutting tools and conditions of milling operations. The system developed can be used to select the cutting insert and cutting conditions. It is able to analyse and optimise condition selection. This system is constructed and implemented using Matlab and Labview. It contains an inference engine, a user interface and explanation facility a complete shell, a knowledge base, and an optimisation module for machining conditions.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	BALIČ, J., ČUŠ, F., ŽUPERL, U.. An intelligent system for cutting tool and condition selection. V: Fourth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS 2009) March 19-22, 2009. Cairo, Egypt, 432-437.	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
	COBISS.SI-ID	13147414	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Zelo pomemben rezultat programske projekta je integracija raziskovalnih dosežkov v pedagoški proces in seznanjanje študentov o aktualnih raziskavah, ki potekajo v laboratoriju, kjer se izvajajo laboratorijske vaje. Na ta način dobijo študentje vpogled v raziskovalne in eksperimentalne metode, raziskovalno opremo, programsko opremo in se seznanijo s timskim načinom dela-raziskovanja. Oprema in raziskovalno vzdušje pritegne študente in jih navduši za delo na študentskih projektih in izbiro diplomskih del na podobno tematiko. Raziskovalno tematiko je možno izbrati na podiplomskem študiju. Objave raziskovalnih rezultatov služijo za ozaveščanje in seznanjanje orodjarn z obravnavano problematiko ter možnost skupnega sodelovanja na industrijskih projektih. Raziskovalni rezultati bodo prispevali k modernizaciji obstoječih starejših obdelovalnih strojev ter povečanju učinkovitosti novih modernih CNC obdelovalnih sistemov v slovenskih orodjarnah. Implementacija raziskovalnih rezultatov bo zmanjšala obdelovalne case, razbremenila programerja in upravljavca stroja. Naloga slednjega se bo spremenila iz upravljavca v opazovalca oziroma nadzornika procesa.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskave predstavljajo multidisciplinarni pristop različnih področij inženirskih znanj, ki morajo najti rešitev za novi inovativni produkt, narejen v slovenski fakulteti in namenjen globalnemu tržišču. Predvsem orodjarska industrija zahteva neprestane inovacije in rešitve zaradi nižanja stroškov proizvodnje, povečanja produktivnosti in na osnovi tega naroča posodobitve strojev, ki izpolnjujejo njihove zahteve. Multidisciplinarno področje zajemaja znanja iz mehanike, strojništva, mehatronike, ekonomije, optimalne izrabe energije, upoštevanje varnostnih predpisov. Z dosedanjim raziskavami na področju vodenja procesov frezanja in ostalih postopkov

odrezavanja so doseženi vrhunski rezultati z izvirnimi rešitvami, ki jih dokazujemo z vrhunskimi znanstvenimi objavami, citiranostjo in ustrezno raziskovalno opremo. S hibridnim modeliranjem na izviren način dokazujemo, da so signali maksimalnih rezalnih sil v korelaciji s hrapavostjo obdelane površine. Izdelana merilna veriga za merjenje rezalnih velicin skupaj z razvito programsko opremo za zajemanje (Labview) je iz znanstvenega vidika zelo aktualna, saj predstavlja najsodobnejšo tehnologijo za razvoj samodejno vodenih obdelovalnih sistemov. Novi prispevek k teoriji odrezavanja je vključitev in uporaba sodobnih informacijskih orodij in umetnih samo-ucecnih sistemov, ki abstrahirajo delovanje človeškega razuma v procese napovedovanja in optimiranja rezalnih velicin v realnem času. Na tej osnovi je definirano na modelih temelječe orodje za dinamično maksimiranje rezalnih režimov med samo obdelavo, ki temelji na kombinaciji metod umetne inteligence. Takšen sistem vodenja prispeva k nadaljnjemu razvoju področja odrezavanja in praktični uporabi umetne inteligence pri procesih napovedovanja, generaliziranja in predvsem optimiranja rezalnih velicin za izvajanje fleksibilne, stroškovno ugodne proizvodnje.

ANG

The research is a multidisciplinary surpassing of various fields of engineering knowledge supposed to find a solution for a new innovative product made in a Slovenian faculty and intended for global market. Particularly, the tool making industry requires persistent innovations and solutions for production costs, increase of productivity and, accordingly, buys the upgrades of machine tools meeting their requirements. The multidisciplinary fields include knowledge from mechanics, chemistry, mechanical engineering, mechatronics, economy, optimal energy utilization, consideration of safety standards. By previous researches in the field of control of milling process and other machining processes the top research achievements were accomplished by original solutions, which are demonstrated by top scientific publications, citations and suitable research equipment. By hybrid modelling we are proving in an original way that the signals of maximum cutting forces are in correlation with the roughness of the machined surface. The completed measuring equipment and developed software for data acquisition of cutting quantities (Labview) is up-to-date from scientific standpoint because it presented the most modern technology for development of modern unmanned machining systems. The new contribution to cutting theory is the incorporation and application of modern information tools and artificial self-learning systems, abstracting the functioning of the human mind, into processes of prediction and optimization of cutting variables in real time. On that basis the model based tool for on-line maximising of cutting parameters during machining, based on the combination artificial intelligence, is defined.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskava je za družbo zelo pomembna, saj iščemo nove rešitve in razvijamo kakovostne izdelke, ki bodo izhodišče za izdelke z visoko dodano vrednostjo in ki bodo pomenili trajno konkurenčno prednost in garancijo kupcu, da je dobil tehnološko dovršen izdelek, hkrati pa bomo zaposlenim nudili bolj prijazno delovno okolje. V okolje, v katerem poslujemo, vstopamo družbeno-odgovorno in s svojim ravnanjem razvijamo ter utrjujemo prepoznavno pozitivno identiteto in mednarodni ugled fakultete. Položaj na trgu si bomo izborili z odličnostjo v poslovanju ter odzivnim izpolnjevanjem zahtev in pričakovanih naročnikov, tudi na najzahtevnejšem tehnično-tehnološkem nivoju. Prispevek izvedenih raziskav je za gospodarstvo zelo pomemben, saj se sistemi adaptivnega vodenja razvijajo za konkretne stroje. Z uspešno realizacijo zastavljenih idej so se znatno izboljšale lastnosti obstoječih obdelovalnih sistemov. Glavni učinki raziskav za kovinsko predelovalno industrijo oziroma za slovenske orodjarne so: manjši stroški obdelave, krajši časi obdelave, manjša obraba orodij, preprečitev poškodb in loma orodja, večja avtomatizacija procesa, večja robustnost in stabilnost sistema vodenja, manjša potreba po konstantnem nadzoru operaterja, visoko kvalitetna proizvodnja z minimalnim izmetom, možnost daljinskega vodenja procesa odrezavanja, možnost prenosa aplikacije na različne stroje in postopke obdelave in nadgradnja obstoječih CNC strojev v industrijskem okolju. Razvoj in uporaba inteligentnih adaptivnih sistemov na področju odrezavanja materialov neposredno vpliva na manjše stroške, višjo kakovost izdelkov in na manjšo porabo vložene energije. Slovenskim orodjarnam na ta način dvigujemo tehnološko raven, racionaliziramo proizvodne stroške in zagotavljamo okolju prijazno proizvodnjo. Predlagana vsebina raziskav je usklajena z razvojno politiko države in z razpisanimi temami. Z ozirom na resolucijo o nacionalnem raziskovalnem in razvojnem programu za obdobje 2006-2010 se vsebina predlaganega projekta uvršča med raziskovalne prioritete. Raziskava se umešča v tretji prioritetni sklop. Z raziskavami bomo bistveno prispevali k nadaljnjemu razvoju tega prioritetnega področja.

ANG

This research is very important for the society, since we look for new solutions and develop high-quality products on which the products with high added value will be based and which will bring a permanent competitive advantage and a guarantee to the buyer that he has received a technologically perfect product; in the same time a affable working environment will be assured to the manpower. We are entering socially responsible into the environment, where we are active and are developing and strengthening the transparently positive identity and international renown of the faculty. The position on the market will be assured by excelling in the business operations and by prompt fulfilment of the buyers' requirements and expectations even at the most exact technical-technological level.

The contribution of realized researches for economy is very important, since the adaptive control systems are developing for concrete machines. By successful materialization of ideas the properties of the existing manufacturing systems were considerably improved. The principal research effects for the metal-processing industry and/or for the Slovene tool-making shops are: shorter manufacturing times, lower manufacturing costs, smaller tool wear, automation of the process, greater robustness and process stability, relief to programmer and operator, high-quality production with minimum defects, possibility of process remote control, possibility of application transfer to different machines and machining processes and upgrading of existing CNC machine tools in production environment. Development and application of intelligent adaptive systems in the field of metal cutting influence in cost reduction, higher product quality and lower entered energy consumption. In this way we raise the technological level of Slovenian enterprises, rationalize the production costs and assuring environmental friendly production. Proposed project content is harmonized with national Research and Development Programme and with thematic priorities. In regard to resolution of national research and development programme for the period 2006-2010 the proposed project content is placed among research priorities. The research is ranged in third priority domain: researching of new production processes and technologies. The proposed researches will fundamentally contribute to further development of this priority domain.

10. Samo za aplikativne projekte!

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

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

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

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

F.24	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/varovanju 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

Glavni zastavljeni raziskovalni cilji je dvigniti tehnološko raven slovenskih orodjarn s pomočjo avtomatizacije obstoječih obdelovalnih sistemov. Na ta način se povečajo performanse strojev za do 38%, kar jih uvrsti ob bok najnovejšim visoko-hitrostrnim obdelovalnim strojem. Poseben pomen raziskave je direktni spopad slovenskega znanja s konkurenco iz Kitajske, ki s svojimi cenenimi produkti uničuje delovna mesta v okolju evropske unije. Zaradi izredne tehnične dovršenosti naših nadgradenj strojev bi nam lahko uspelo povečati tržne deleže v širši strojni industriji. S projektom smo prišli do popolnoma novih znanj in uspeli smo povezati strokovnjake različnih področij v ekspertne time raziskovalnih institucij.

Izvedene aktivnosti pomenijo razvoj novega izdelka (sistem vodenja in nadzora) in posodobitev samega izdelka (stroja). Pomembnost rezultatov se odraža tudi v številu publikacij, ki neposredno izhajajo iz rezultatov teh raziskav. V enem letu smo v najuglednejših mednarodnih revijah z našega področja objavili 2 članka na podano tematiko. Vsa v raziskavah pridobljena nova znanja in rezultate posredujemo neposrednim uporabnikom slovenskih orodjarn preko konferenc, vabljenih predavanj in izdelanih monografij.

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input 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 type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	

G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 type="radio"/>	<input checked="" 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					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
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					
G.09.	Drugo:					

Komentar

Učinki naših rezultatov imajo največji vpliv na razvoj visoko-šolskega izobraževanja in gospodarsko tehnološki razvoj. V raziskave je vključen mladi raziskovalec, raziskovalci iz gospodarstva pri sofinancerju, naši bivši doktoranti, zdaj zaposleni pri sofinancerju in študentje podiplomskega študija. Na ta način dajemo študentom vpogled v raziskovalne in eksperimentalne metode, raziskovalno opremo, programsko opremo in jih seznanimo z načinom dela v gospodarskih družbah, ter jih naučimo timskega načina dela-raziskovanja. Oprema in raziskovalno vzdušje pritegne ostale študente in jih navduši za delo na študentskih projektih. Raziskovalci pridobijo koristen zveze v gospodarskih družbah, kar jim je kasneje v pomoč pri iskanju zaposlitve in sklepanje poslov.

Raziskovalni rezultati prispevajo k modernizaciji obstoječih starejših obdelovalnih strojev ter povecanju učinkovitosti novih modernih CNC obdelovalnih sistemov v slovenskih orodjarnah. Implementacija raziskovalnih rezultatov zmanjša obdelovalne case, razbremeni programerje in upravljalce stroja. Naloga slednjega se spremeni iz upravljalca v opazovalca oziroma

nadzornika procesa, kar pomeni dveh kvalitete življenja in izboljšanje vodenja in upravljanja s kadri.
--

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

1.	Sofinancer		EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o.	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		51.354,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		31,42	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
		1.	MILFELNER, Matjaž, KOPAČ, Janez. Intelligent system for machining and optimization of 3D sculptured surfaces with ball-end milling.	A.03
		2.	Z uspešno realizacijo zastavljenih ciljev projekta so se znatno izboljšale lastnosti obstoječih obdelovalnih sistemov (posodobitev obdelovalnih strojev)	F.04
		3.	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa (krajši čas izdelave in manjši stroški obdelave, razbremenitev programerja in operaterja, daljša življenjska doba stroja in orodja, večja kvaliteta)	F.10
		4.	Izdelan je inteligentni sistem vodenja za visoko-hitrostno frezanje s težko opredeljivo dinamiko. Razvita je potrebna programska oprema.	F.06
		5.	Določitev korelacije rezalna sila-hrapavost površine	F.02
		Komentar	Raziskovalni projekt je v podjetje, tehnološke postopke, organizacijo in poslovanje vnesel nove metode, nove pristope, predvsem pa najnovejša znanstvena spoznanja. Z rezultati projekta spreminjamo dosedanje tehnologije v konkurenčne sodobne postopke, ki jih zahtevajo partnerji in naročniki iz uglednih evropskih tovarn. Naši produkti so kakovostni, izpolnjujejo vse zahteve naročnikov in dobljene reference nam omogočajo pridobitev novih naročil.	
	Ocena	Ocenjujemo, da so projekti, ki jih sofinaciramo in izvajamo z ugledno inštitucijo iz Univerze zelo pomembni za naš bodoči razvoj. Pri iskanju novih poslov v evropskem prostoru nam referenca Fakultete za strojništvo in Univerze v Mariboru dviga ugled. S tem izkazujemo profesionalni poristop do izvedbe projekta, iskanju inovativnih rešitev, zmanjševanju lastnih stroškov proizvodnje, predvsem pa iskanja alternativnih materialov in tehnologij, ki nadomeščajo zastarele, drage in neučinkovite rešitve. Na osnovi tega predlagamo ARRS da tudi v bodoče spodbuja industrijske projekte s področja strojništva, ki se povezujejejo z evropskim tržiščem, uvajajo nova znanja in zaposlujejo vrhunske slovenske strokovnjake.		
2.	Sofinancer			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
		1.		
		2.		
		3.		

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

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

Franc Čuš	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor

21.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/43

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

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s

presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti 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 (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

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

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

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

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

⁷ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2011-1 v1.01
29-3E-70-B7-77-78-F0-56-7D-E2-78-18-48-26-67-7C-3E-EB-18-66