

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/99

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-9379
Naslov projekta	Veljavno modeliranje dinamičnega obnašanja kompleksnih struktur
Vodja projekta	2034 Miha Boltežar
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.725
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2009
Nosilna raziskovalna organizacija	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1682 KOLEKTOR GROUP Vodenje in upravljanje družb d.o.o.
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	Kolektor Group d.o.o.
	Naslov	Vojkova 10, 5280 Idrija
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Raziskovalna hipoteza

Uporaba numeričnih simulacij je na celotnem področju tehnike danes nujna in v splošnem predstavlja enega od temeljnih orodij pri aplikativnem in znanstvenem raziskovanju. Tovrstni pristopi danes nadomeščajo enostavne, predvsem pa po zmogljivosti in pestrosti omejene analitične pristope v tehniki in se uporabljajo za preučevanje praktično vseh fizikalnih pojavov. Na področju strojništva so numerične simulacije bistveno orodje v akademskem kot tudi industrijskem okolju, omogočajo pa preučevanje enostavnih kot tudi najbolj zapletenih tehniških pojavov. Čeprav so računalniška orodja za izvedbo numeričnih simulacij (predvsem bomo s tem označili namenska programska orodja) danes v splošnem zmogljiva, mora uporabnik tovrstnih orodij še vedno uporabiti napredno znanje, izkušnje, vrhunsko strojno opremo predvsem pa primerne modele. Še več, kljub nenehnemu razvoju strojne in programske opreme, mora uporabnik v primeru izvajanja zahtevnih numeričnih simulacij, zaradi omejenosti omenjene opreme, le-te še vedno izvajati velikokrat poenostavljeno a hkrati tudi verodostojno. Namreč, le verodostojno in hkrati poenostavljene numerične simulacije omogočajo verodostojno preučevanje vse bolj

kompleksnih sistemov in pojavov v tehniki (in s tem tudi v strojništvu).

V strojništvu in še bolj specifično, na področju vibracij, ki je hkrati tudi osnova tega projekta, so tipični sistemi raznovrstne strukture kot so alternatorji, elektromotorji, različne avtomobilске komponente oz. bolj zapleteni sestavi kot so pralni stroj, avtomobil, letala, razni gospodinjiski aparati oz. vsi ostali stroji in naprave, kjer je prisotno neko gibanje. Povsem enako velja tudi za inovativni izdelek industrijskega partnerja v tem projektu, vsesmerni prikazovalnik. Vibracije so namreč prisotne v vseh omenjenih sistemih (v nadaljevanju struktura) in predstavljajo vir nezaželenega gibanja strukture (prekomerne vibracije, tresenje), predstavljajo vir vibracij za ostale sisteme (vibracije se preko struktur prenašajo na ostale sisteme), vedno povzročajo tudi hrup, nenazadnje pa so vir akumulacije mikro poškodb v strukturi sami, kar vodi do porušitve. Vse omenjene posledice gibanja/vibracij so v večini primerov vibrirajočih struktur nezaželene, nemalokrat nevarne okolju predvsem pa neposredno tudi človeku. Vibracije je zato potrebno danes primerno predvideti in zmanjšati njihov vpliv oz. njihove posledice. To pa je danes mogoče storiti le ob primernem eksperimentalnem in numeričnem pristopu že pri načrtovanju tistih izdelkov/sistemov, kjer so vibracije prisotne.

Verodostojna numerična simulacija obnašanja struktur, tokrat predvsem v smislu vibracij sicer pa v splošnem, označuje napredno uporabo namenskih programskih orodij, ki omogočajo simulacijo nekega realnega fizikalnega obnašanja. Temelj temu so t.i. matematično-fizikalni modeli, s katerimi skušamo kar se da verodostojno posnemati realno obnašanje struktur. Vendar, že zaradi omenjenih omejenih zmogljivosti današnje računalniške opreme kot tudi znanja, pa so ti modeli največkrat poenostavljeni. Dodatno jih uporabnik (tipično inženir, raziskovalec ali znanstvenik) še dodatno poenostavi zaradi zmožnosti opravljanja simulacij večjih in vse bolj kompleksnejših sistemov. Da pa je rezultat simulacije v vseh primerih še vedno verodostojen, morajo biti uporabljeni matematično-fizikalni modeli *veljavni*. Zahteva po veljavnem modeliranju predstavlja v tem trenutku enega bistvenih usmeritev raziskovalcev na področju numeričnih simulacij. Le veljavno modeliranje omogoča raziskovanje vse bolj kompleksnih sistemov, vključitev vse več fizikalnih fenomenov, izvajanje naprednejših analiz nenazadnje pa tudi izvajanje učinkovitejših analiz. S stališča uporabe tako naprednih analiz v industrijskem okolju posredno omogoča razvoj naprednejših in konkurenčnejših izdelkov.

Namen tega projekta je bil uporabiti obstoječe metode t.i. veljavnega modeliranja na področju *strukturne dinamike*, t.j. na področju vibracij struktur in sicer z aplikacijo na realnem izdelku slovenske industrije, vsesmernem prikazovalniku družbe Kolektor d.d. Obstoječe metode smo uporabili, skupaj z rezultati in naprednimi algoritmi predhodnjih, lastnih raziskav in rezultatov raziskovalne skupine (laboratorij Ladisk), za že omenjeno veljavno modeliranje vsesmerne prikazovalnika. Veljavno modeliranje je omogočilo izvedbo verodostojnih (veljavnih) numeričnih simulacij prikazovalnika, izvedbo optimizacije oblike prikazovalnika za zmanjšanje vibracij, pridobili smo nova znanja na področju veljavnega modeliranja, predvsem pa omogočili napreden in sistematični razvoj novega, konkurenčnega izdelka.

Opis raziskovanja

Z namenom doseganja cilja, smo v okviru akademsko-industrijskega sodelovanja s partnerjem (Kolektor d.d.), na sistematičen način zgradili veljavni numerični model vsesmerne prikazovalnika (izdelek partnerja), ki je zaradi načina obratovanja podvržen vibracijam. Zaradi možnosti izvedbe različnih analiz, na koncu tudi optimizacije oblike prikazovalnika v smeri zmanjšanja vibracij in s tem izboljšanja njegovega delovanja, je bil model zgrajen parametrično. Parametričnost modela je bila nujna tudi zaradi zmožnosti uporabe modela prikazovalnika na podobne izdelke partnerja. Osnovni princip veljavnega modeliranja je temeljil na postavitvi nadomestnih, linearnih veljavnih modelov na nivoju posameznih komponent prikazovalnika. V ta namen smo uporabili ustaljene metode preverjanja veljavnosti modela oz. njegovih komponent ter ustaljene in na novo razvite metode *izboljšave modelov*. Uporabili smo tako ustaljene postopke kot tudi lastne metode, pristope, algoritme in v ta namen razvita ali dograjena programska orodja: postopek in program za modalno testiranje, postopek in program za merjenje frekvenčnih prenosnih funkcij, program za eksperimentalno modalno analizo, postopek in program za merjenje obratovalnih oblik, algoritem in program izboljšave modelov. Sama metodologija modeliranja in izboljšave modelov posameznih komponent je obsegala pretežno uporabo obstoječih komercialnih paketov za končne elemente ter uporabo lastno razvitih modulov za povezavo s takimi paketi (modul za izboljšavo, modul za optimizacijo). Postopek/algoritem izboljšave, v kombinaciji predvsem z modalnim testiranjem in merjenjem frekvenčnih prenosnih funkcij, pa je bil v celoti razvit v laboratoriju Ladisk.

Postopek veljavnega modeliranja je temeljil na komponentni ravni. Namreč, nekatere kompleksne komponente kot so vijaki spoji, ležaji, kontaktni režimi v obratovanju strukture, smo obravnavali ločeno in detaljneje, predvsem zaradi zahtevnosti modeliranja realnega obnašanja takšnih sklopov. Pri enostavnejših komponentah, katerih realno obnašanje je v današnji znanosti že dobro znano (negotovost modeliranja takšnih sklopov je majhna oz. stopnja zaupanja je velika), pa smo uporabili že znane tehnike enostavnega modeliranja. Takšen način pristopa k modeliranju celostnega obnašanja kompleksne strukture v dinamiki pa pomeni uporabo pristopa podstrukturiranja in hkrati pristopa metamodeliranja. Posameznim sklopom strukture smo zato namenili ločeno, detaljnjšo analizo obnašanja in jih nato vključili v celotni model vsesmerne prikazovalnika v obliki t.i. nadomestnih modelov. Nadomestni modeli hkrati izkazujejo enostavnost, hkrati pa tudi veljavnost. Pomeni, da takšni modeli dobro odražajo dejansko

dinamsko obnašanje obravnavane komponente znotraj celotne strukture. Takšen pristop je bil nujen zaradi časovnih zmožnosti opravljanja numeričnih simulacij dinamičnega obnašanja strukture - prikazovalnika. Tovrsten pristop hkrati predstavlja določitev novih spoznanj (v obliki algoritmov in matematično-fizikalnih predstavitev obnašanja struktur) o načinu modeliranja kompleksnega obnašanja tovrstnih realnih sistemov, kar lahko uporabimo v ostalih (podobnih) numeričnih analizah dinamike realnih struktur. Nenazadnje, takšen pristop je danes edini možni pristop za opravljanje naprednejših, optimizacijskih analiz na podlagi virtualnih (numeričnih) modelov.

Izbrani pristop zgoraj omenjenega komponentnega pristopa pridobivanja veljavnih modelov je omogočal zadnjo fazo raziskav na konkretni strukturi. Lastno razvite algoritme smo integrirali v komercialna orodja (programski paketi za končne elemente) za potrebe končne analize – numerične optimizacije. Optimizacija je pravzaprav numerično iskanje cilja (bodisi maksimuma ali minimuma kriterijske funkcije), ki zahteva uporabo veljavnih metod. V našem primeru smo morali zgraditi veljavni model prikazovalnika, kar je predstavljalo osnovo za izvedbo optimizacije oblike letga. Zaradi narave obratovanja prikazovalnika – vrtenja rotorja – je bilo potrebno prikazovalnih spremeniti v smeri zmanjšanja vibracij. Ker prototipno preverjanje tako kompleksne strukture ne omogoča doseganje takšnega cilja, je bil edini način numerična simulacija. Rezultat optimizacije je bil izdelek (prikazovalnik), kjer smo z minimalnimi spremembami dosegli občutno zmanjšanje vibracij in s tem ne samo prijetnejše obratovanje temveč tudi boljšo kvaliteto njegove funkcije – prikazovanja slike ter omogočili boljša izhodišča za nadaljnji razvoj teh izdelkov. Partner namreč izdeluje več družin teh izdelkov.

Ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultati in učinki

Glavni rezultat raziskovalnega dela na tem projektu je razviden predvsem v obliki pridobitve novih znanstvenih spoznanj kot tudi novih praktičnih znanj, informacij in veščin za celotno skupino (Laboratorij za dinamiko strojev in konstrukcij, LADISK) na področju veljavnega modeliranja kompleksnih struktur v dinamiki. Predvsem gre za pomembno integracijo omenjenega v ostale raziskovalne in aplikativne aktivnosti laboratorija, kar je bili v celostni obliki prikazana na domači konferenci [1]. Po drugi strani pa se, predvsem rezultati raziskovanja iz drugega leta raziskav (rezultati metamodeliranja, ki vključujejo tako veljavno modeliranje kot podstrukturiranje, sklapljanje in gradnjo nadomestnih modelov), odražajo v vzpostavitvi nove, vzporedne aktivnosti skupine LADISK, na področju učinkovitega podstrukturiranja tovrstnih struktur v dinamiki. Na tem področju smo tudi začeli sodelovati s tujim partnerjem, trenutni strokovni rezultat pa je razviden iz pomembne mednarodne konference tega področja [2]. Dodatno kot odraz rezultata projekta lahko navedemo tudi dva neposredna dosežka, dve domači konferenci, na katerih so bili posredno in neposredno predstavljeni dosežki med izvajanjem projekta. V [3] je bil predstavljen celosten vidik modeliranja kompleksnih struktur, v [4] pa smo izpostavili predvsem potrebo pa takšni, posebni vrsti modeliranja. Zadnje se nanaša predvsem na optimizacijo, ki je danes prisotna praktično na vseh področjih tehnike, kjer je prisotno modeliranje.

Z vidika industrijskega partnerja je bil neposredni rezultat projekta omogočanje sistematičnega izboljšanje novega, prototipnega produkta kot tudi novih produktov podobnih lastnosti. To je partnerju omogočilo prednost pred konkurenco in preboj na tuji trg.

[1] BOLTEŽAR, Miha. Structural dynamics research for the Slovenian automotive industry. V: ŽNIDARIČ, Aleš (ur.). TRA, Transport Research Arena Europe 2008, Ljubljana, Slovenia, 21-24 April 2008. Greener, safer and smarter road transport for Europe, Proceedings. Ljubljana: DDC svetovanje inženiring: ZAG, Zavod za gradbeništvo Slovenije: DRC, Družba v cestni in prometni stroki Slovenije, 2008, 8 str.

[2] ČERMELJ, Primož, PLUYMERS, B., DONDEERS, S., DESMET, W., BOLTEŽAR, Miha. Basis functions and their sensitivity in the wave-based substructuring approach. V: SAS, Paul (ur.), BERGEN, Bart (ur.). Proceedings of the 2008 International Conference on Noise and Vibration Engineering, ISMA2008, Leuven, Belgium, September 15-17, 2008. Heverlee, Belgium: Katholieke Univeriteit Leuven, cop. 2008, str. 1491-1505.

[3] BOLTEŽAR, Miha, ČERMELJ, Primož. Dinamika kompleksnih struktur s poudarkom na veljavnem modeliranju industrijskih izdelkov = Dynamics of complex structures - valid modeling of industrial products. V: KORELC, Jože (ur.), ZUPAN, Dejan (ur.). Kuhljevi dnevi 2007, Snovik, 20.-21. september 2007. Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2007, str. 17-24. [COBISS.SI-ID 10177563]

[4] ČERMELJ, Primož, PREGELJ, Bogdan, JURJAVČIČ, Damjan, STRGAR, Simon, BOLTEŽAR, Miha. Veljavni dinamski model kot osnova za parametrično-optimizacijsko preučevanje obratovanja kompleksne strukture - aplikacija na vsesmernem prikazovalniku = Optimisation study of a complex-structure operation on the basis of a valid dynamic model - application on a multi-direction screen. V: FAJDIGA, Matija (ur.), KLEMENC, Jernej (ur.), ZALAZNIK, Aleš (ur.), TRENC, Ferdinand (ur.). 8. konferenca in razstava Inovativna avtomobilska tehnologija IAT'07, Rogla Slovenija, 10.-11. maj 2007. Zbornik referatov, (IAT, Inovativna avtomobilska tehnologija). Ljubljana: ULJ-FS-LAVEK, cop. 2007, str. 17-26. [COBISS.SI-ID 10020123]

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Glede na zastavljene cilje smo povsem v skladu s prvotnimi terminskimi načrti projekta opravili vse potrebne temeljne raziskave na področju veljavnega modeliranja dinamike kompleksnih struktur v splošnem: pridobitev verodostojnih numeričnih modelov, metamodeliranja (postavitve nadomestnih, enostavnih a veljavnih modelov posameznih sklopov kompleksne strukture) kot tudi raziskav o namenu, potrebah in ciljih optimizacijskih analiz. Kot je bilo predlagano že v predlogu projekta, se je izkazalo, da so bila dosedanja izvajanja nujno potrebna za izvedbo končnih optimizacijskih analiz kot tudi za kasnejše nadgrajevanje znanja in algoritmov (postopkov) na področju numeričnega modeliranja dinamike struktur. Poleg ravnokar omenjega raziskovalnega vidika, pa smo dosegli tudi drug namen, aplikativno uporabnost in dejansko aplikacijo raziskovalnih rezultatov na izdelku slovenske industrije. Zanj je omogočilo tako konkurenčno prednost partnerskega podjetja kot tudi izboljšavo in predvsem učinkovitejši razvoj njegovih izdelkov.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Med izvajanjem projekta ni prišlo do nobenih sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Dušena prečna nihanja ravnih ter ukrivljenih jeklenih vrvi brez osne predobremenitve
		<i>ANG</i> Damped lateral vibrations of straight and curved cables with no axial pre-load
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava prečna nihanja ravnih ter ukrivljenih jeklenih vrvi brez osnega prednapetja. Numerični modeli so preverjeni z eksperimentom
		<i>ANG</i> This paper presents a study of the lateral vibrations of straight and curved cables with no axial pre-load. For the computation of the vibration transmissibility we used finite elements based on the Euler-Bernoulli theory. The dissipation of energy was studied with viscous- and structural-damping models, where the Rayleigh coefficients and the frequency dependence of the loss factor were identified.
	Objavljeno v	OTRIN, Miha, BOLTEŽAR, Miha. Damped lateral vibrations of straight and curved cables with no axial pre-load. J. Sound Vib., 2007, letn. 300, št. 3/5, str. 676-694. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2006.08.032 .
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID 9824027		
2.	Naslov	<i>SLO</i> Identifikacija dinamskih lastnosti spojev z uporabo frekvenčnih prenosnih funkcij
		<i>ANG</i> Identification of the dynamic properties of joints using frequency-response functions
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava postavitev teoretičnega modela določitve dinamskih lastnosti spojev na podlagi izmerjenih frekvenčnih prenosnih funkcij.
		<i>ANG</i> The dynamic properties of joints are extremely difficult to model accurately using a purely analytical approach. However, these properties can be extracted from experimental data. In this paper we present a method for establishing a theoretical model of a joint from the substructures and assembly frequency-response function (FRF) data. The identification process considers not only translational, but also rotational degrees of freedom (RDOFs). The validity of the proposed method is demonstrated numerically and experimentally.
	Objavljeno v	ČELIČ, Damjan, BOLTEŽAR, Miha. Identification of the dynamic properties of joints using frequency-response functions. J. Sound Vib., 2008, letn. 317, št. 1/2, str. 158-174. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2008.03.009 , doi: 10.1016/j.jsv.2008.03.009. [COBISS.SI-ID 10470683]
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID 10470683		
3.	Naslov	<i>SLO</i> Modeliranje prenosa vibracij preko prostorsko ukrivljenih oplaščenih jeklenih vrvi
		<i>ANG</i> On the modeling of vibration transmission over a spatially curved cable with casing
	Opis	<i>SLO</i> Modeliranje prenosa vibracij preko ukrivljenih jeklenih vrvi je v tem članku razširjeno na obravnavo oplaščenih jeklenih vrvi. Numerična obravnava je potrjena z eksperimentom.

		ANG	We propose an approach to the vibration modeling of spatially curved steel wires with a casing and a contact between the outer casing and the inner steelwire. For the energy dissipation the proportional viscous damping model and the structural damping model are used. The damping parameters are identified from the Nyquist diagram and from the continuous wavelet transform. The model also predicts that the dynamic modulus of the elasticity of a steel wire does not have a major influence on the level of vibration transmission, which was also validated by experiment.
	Objavljeno v		OTRIN, Miha, BOLTEŽAR, Miha. On the modeling of vibration transmission over a spatially curved cable with casing. J. Sound Vib., 2009, issues 4-5, vol. 325, str. 798-815, doi: 10.1016/j.jsv.2009.03.045. [COBISS.SI-ID 10936347]
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10936347
4.	Naslov	SLO	Vpliv redukcije števila koordinat na identifikacijo dinamskih lastnosti spojev
		ANG	The influence of the coordinate reduction on the identification of the joint dynamic properties
	Opis	SLO	Članek obravnava pametno redukcijo števila potrebnih medsebojnih koordinat na spojih dinamskih podstruktur.
		ANG	A problem of establishing a theoretical model of a joint from the measured frequency-response function (FRF) data is discussed in this paper. The model of the joint is considered as a coupled dynamic stiffness matrix, which generally includes six degrees of freedom (DoFs).
	Objavljeno v		ČELIČ, Damjan, BOLTEŽAR, Miha. The influence of the coordinate reduction on the identification of the joint dynamic properties. Mech. syst. signal process., May 2009, vol. 23, iss. 4, str. 1260-1271. http://dx.doi.org/10.1016/j.ymssp.2008.11.002 , doi: 10.1016/j.ymssp.2008.11.002. [COBISS.SI-ID 10818075]
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10818075
5.	Naslov	SLO	Dinamika jermenskih pogonov z uporabo linearne komplementarnega problema za popis stika med jermenom ter jermenico
		ANG	Dynamics of a belt-drive system using a linear complementarity problem for the belt-pulley contact description
	Opis	SLO	Članek prinaša globalno originalen pristop k modeliranju prečnih nihanja vej v jermenskih pogonih na podlagi zapisa v absolutnih koordinatah v okviru dinamike sistema prožnih ter togih teles.
		ANG	The aim of this study was to develop an efficient and realistic numerical model in order to predict the dynamic response of belt drives. The belt was modeled as a planar beam element based on an absolute nodal coordinate formulation. A viscoelastic material was adopted for the belt and the corresponding damping and stiffness matrices were determined.
	Objavljeno v		ČEPON, Gregor, BOLTEŽAR, Miha. Dynamics of a belt-drive system using a linear complementarity problem for the belt-pulley contact description. J. Sound Vib., Jan. 2009, vol. 319, iss. 3/5, str. 1019-1035. http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2008.07.005 , doi: 10.1016/j.jsv.2008.07.005. [COBISS.SI-ID 10609947]
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10609947

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

			Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat
1.	Naslov	SLO	Gostujoči urednik v mednarodni reviji, C03
		ANG	Guest editor in international scientific journal, C03
	Opis		Prof. dr. Miha Boltežar je bil gostujoči urednik pri reviji Meccanica; vir Cobiss
		SLO	Gostujoče uredništvo je omenjeni dosegel prvič; to pomeni priznanje njegovemu raziskovalnemu delu kot tudi delu celotne raziskovalne skupine Laboratorij za dinamiko strojev in konstrukcij.
		ANG	Prof. Miha Boltežar acted for the first time as guest editor of the journal Meccanica, see Cobiss
			Meccanica. Boltežar, Miha (guest editor 2006). Milano: Tamburini Editore SpA. ISSN 0025-6455. [COBISS.SI-ID 25918464]

		Source: [COBISS.SI-ID 25918464]
Šifra		C.03 Vabljeni urednik revije (guest-associated editor)
Objavljeno v		Meccanica. Boltežar, Miha (gostujoči urednik 2006). Milano: Tamburini Editore SpA. ISSN 0025-6455. Vir: [COBISS.SI-ID 25918464]
Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
COBISS.SI-ID		25918464
2.	Naslov	SLO Članstvo v uredniškem odboru mednarodne revije, C04,
		ANG Membership in editorial board of international scientific journal, C04
	Opis	SLO Prof. Miha Boltežar je član uredniškega odbora revije MSSP - Mechanical Systems and Signal Processing IF revije v letu 2008 je 1.98, revija je na 7 mestu od 105 revij področja Mechanical Engineering Vir: http://www.elsevier.com/wps/find/journaleditorialboard.cws_home/622912/editorialboard Dokumentirano: [COBISS.SI-ID 169243]
		ANG Prof. Miha Boltežar is a member of the Editorial board of MSSP - Mechanical Systems and Signal rocessing, IF in 2008 is 1.98 which means the 7th place of 105 journals in the category Mechanical Engineering. Source: http://www.elsevier.com/wps/find/journaleditorialboard.cws_home/622912/editorialboard Source. [COBISS.SI-ID 169243]
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	http://www.elsevier.com/wps/find/journaleditorialboard.cws_home/622912/editorialboard
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	169243
3.	Naslov	SLO Mentorstvo doktorandom, D. 09 in G.01.02
		ANG Supervision of PhD students, D09 and G01.02
	Opis	SLO V obdobju 2004-2009 je bil prof. dr. Miha Boltežar mentor petim doktorjem znanosti, v celotnem mentorskem obdobju pa osmim.
		ANG Prof. Miha Boltežar was supervisor at five(5) PhD students in the period 2004-2009 and was supervisor at eight PhD in total. All of them are intensively included into research and development work in Slovene entities, both private companies as well as academia.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	Dokumentirano: [COBISS.SI-ID 8403483], [COBISS.SI-ID 8535835], [COBISS.SI-ID 10597403], [COBISS.SI-ID 10596635], [COBISS.SI-ID 10978587]
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
	COBISS.SI-ID	10596635
4.	Naslov	SLO Razvoj novega izdelka, F.06
		ANG The development of new product, F.06
	Opis	SLO V LADISKu - Laboratoriju za dinamiko strojev in konstrukcij so , letu 2008 razvili originalno kontrolno napravo za podjetje Iskra Mehanizmi, ki na podlagi meritve 10 dinamskih spremenljivk ugotavlja končno kvaliteto izdelka - DRUM motorja v radarskih sistemih sodobnih avtomobilov. Te sisteme Iskra Mehanizmi dobavlja v Mercedes, Hyundai in BMW.
		ANG In LADISK - Laboratory for Dynamics of Machines and Structures there was developed an original End-of-line control device for company Iskra Mehanizmi, that enables automatic 100% final control of DRUM motors. These motors are a vital part of modern automotive radar systems. These systems are being sold to Mercedes, Hyndai and BMW so far.
	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka

	Objavljeno v	UL FS
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
	COBISS.SI-ID	10498587
	5. Naslov	<i>SLO</i> Kuhljevi dnevi 2009 <i>ANG</i> Kuhelj Days 2009
	Opis	<i>SLO</i> Prof. dr. Miha Boltežar je v funkciji predsednika Slovenskega društva za mehaniko organiziral letno srečanje mehanikov ter uredil recenziran zbornik znanstvenih prispevkov. <i>ANG</i> Prof. Miha Boltežar was the organiser of the annual meeting of Slovene Society of Mechanics. He was at the same time Editor of the conference proceedings.
	Šifra	B.02 Predsedovanje programskemu odboru konference
	Objavljeno v	Kuhljevi dnevi, 24. September 2009, Cerklje na Gorenjskem, BOLTEŽAR, Miha (ur.), SLAVIČ, Janko (ur.). Zbornik del. Ljubljana: Slovensko društvo za mehaniko, 2009. IV, 202 str., ilustr., tabele. ISBN 978-961-91659-4-2. http://www.drustvozamehaniko.si/kd2009/ZbornikKD2009.pdf . [COBISS.SI-ID 247278080]
	Tipologija	2.32 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na domači konferenci
	COBISS.SI-ID	247278080

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Prof. dr. Miha Boltežar predseduje Posvetovalnemu odboru sklada 'Sklad dr. Otta Likarja, dipl. inž., in Karle Likar' pod okriljem Univerze v Ljubljani, ki že 15 let omogoča študentom Univerze v Ljubljani izobraževanje na Tehniški Univerzi Muenchen na različnih stopnjah.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Z integracijo obstoječih metod veljavnega modeliranja z našimi pristopi gradnje nadomestnih modelov in izboljšave modelov, smo z vidika znanosti prispevali še en primer interdisciplinarnega pristopa pri modeliranju vibracij struktur. Interdisciplinarnost se kaže v povezavi več različnih domen (časovna in frekvenčna), več različnih načinov modeliranja (linearno in nelinearno) kot tudi z vidika uporabe različnih numeričnih orodij. Rezultat uporabljenega pristopa k veljavnemu modeliranju vibracij struktur je komplementaren obstoječim pristopom na področju veljavnega modeliranja in pristopom na področju izboljšav struktur (angl.: Structural Updating).

ANG

Existing methods of valid modelling were integrated with our own approaches and experiences in structural dynamics. We demonstrated consisted approach in valid models building in the case of dynamic behaviour of complex structures. We integrated the analyses in the time and frequency domains, several types of modelling (linear and non-linear) and several types of numerical tools. The result of the described approach is complementary to the existing approaches in the field of valid modelling and updating procedures in structural dynamics.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Na področju vibracij je Laboratorij za dinamiko strojev in konstrukcij praktično edina skupina raziskovalcev na območju Slovenije, ki problematiko vibracij preučuje celostno. Veljavno modeliranje kompleksnih struktur je v tem pogledu nadgradnja obstoječega znanja in izkušenj skupine, ki se preko aplikativnih projektov kot tudi preko izobraževanja strokovnjakov na tem področju, prenaša v industrijo in v ostale raziskovalne organizacije. Tendencia raziskovalne skupine je v pogledu sodelovanja s slovensko industrijo v zadnjih 10 letih vse hitreje naraščala, kar se odraža v mnogih, uspešnih aplikativnih rezultatih. To velja tudi za neposredni rezultat pričujočega projekta.

ANG

Laboratory for dynamics of machines and structures is the leading group of experienced researchers in Slovenia providing consistent approach to structural dynamics modelling. This research group is transferring their knowledge in structural dynamics systematically to big

Slovene industries via different schemes, including several (eight PhD projects in eight years) successfully concluded PhD projects under the scheme of young researchers and applied research projects.
Doing so the knowledge in Slovenia of tackling the design of products regarding decreased noise and increased live time is constantly increasing.

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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☒	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☒	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☒	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☒	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☒	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☒	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☒	☐	☐	☐	

G.02.09.	Nova delovna mesta	☒	☐	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☒	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☒	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☒	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☒	☐	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☒	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☒	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☒	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
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	☒	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☒	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☒	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo: 					

Komentar

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹¹

1.	Sofinancer	Kolektor Group d.o.o.		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		77.247,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		33,33	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Pridobitev novih praktičnih spoznanj, informacij in veščin		F.01
	2.	Izboljšanje obstoječega izdelka		F.07
	3.	Razvoj in izdelava prototipa		F.08
	4.	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije		F.10
	5.	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso		F.17

	Komentar	Na osnovi analiz, ki jih je za nas opravil Laboratorij za dinamiko strojev in konstrukcij smo locirali vzrok tresenja konstrukcije našega vsesmernega prikazovalnika, našli tehnično rešitev za njeno izboljšanje in postopno odpravo ter vsa pridobljena znanja uporabili pri redesignu novega modela ter kasnejši prototipni izdelavi.		
	Ocena	Ocenjujemo, da je bilo sodelovanje plodno in rezultati so bili uspešno implementirani v prakso ter so pripomogli k hitrejšemu razvoju rešitve na problem.		
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:

Miha Boltežar	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/99

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² 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](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ 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., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates B2 - 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

⁸ 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](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹¹ 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/2010 v1.00

45-6E-8F-30-B6-28-C0-9E-E5-AF-BD-05-BD-1F-73-71-28-36-A9-72