

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/164



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	N1-0012	
Naslov projekta	Adjacency - Ohranjevalci sosednosti	
Vodja projekta	5953	Peter Šemrl
Tip projekta	N	Projekti ESF in ERC
Obseg raziskovalnih ur	8602	
Cenovni razred	B	
Trajanje projekta	10.2011 - 09.2014	
Nosilna raziskovalna organizacija	1554	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	2547	Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
	2975	ABELIUM d.o.o., raziskave in razvoj
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1	NARAVOSLOVJE
	1.01	Matematika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01	Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1	Naravoslovne vede
	1.01	Matematika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Glavni poudarek je bil na preslikavah na različnih tipih algeber (matrične algebre, operatorske algebre in tudi bolj splošne algebre ali kolobarji), ki imajo določene lastnosti, npr. so izomorfizmi (tedaj lahko problem reformuliramo kot študij izomorfnostnih razredov algeber) ali pa imajo določene lastnosti ohranjanja.

Zanimale so nas optimalne izboljšave fundamentalnih izrekov o geometriji matrik. Klasični izreki karakterizirajo bijektivne preslikave na nekaterih razredih matrik, ki ohranjajo sosednost v obe smeri. Ali je mogoče omiliti predpostavke (bijektivnost, ohranjanje sosednosti v obe smeri) in še vedno dobiti lep opis strukture teh preslikav? Poiskali smo optimalne rezultate in optimalnost teh rezultatov podkrepili z ustreznimi protiprimeri.

Izreke o ohranjevalcih sosednosti (koherentnosti) na hermitskih matrikah smo uporabili za študij preslikav na prostoru Minkowskega, ki ohranjajo svetlobne stožce.

Fundamentalni izrek o geometriji hermitskih matrik smo posplošili na neskončno-dimenzionalen primer. Taka razširitev je omogočila nov, enostavnejši pristop k študiju simetrij (bijektivnih preslikav na prostoru omejenih sebi-adjungiranih operatorjev na Hilbertovem prostoru), ki igrajo pomembno vlogo v matematičnih osnovah kvantne mehanike. To metodo smo uporabili še na efektivnih algebrah, ki so se izkazale za neprimerno trši oreh. Študirali smo optimalnost Ludwigove karakterizacije ortoavtomorfizmov efektne algebre in sorodnih izrekov.

Obravnavali smo neasociativne algebre, v kateri vsak neskalarni element porodi algebro izomorfnu algebri kompleksnih števil. S pomočjo takih algeber smo karakterizirali Cayley-Dicksonove algebre nizkih dimenzij.

Eden izmed klasičnih odprtih problemov teorije Banachovih algeber sprašuje, ali so vsi bijektivni linearni ohranjevalci spektra na polenostavnih algebrah jordaniski izomorfizmi. Z algebrničnim pristopom smo podali nov pogled v to tematiko.

ANG

We were mainly interested in maps acting on different types of algebras (matrix and operator algebras and even more general algebras or rings). These maps are assumed to have certain properties, i.e., we may assume that they are isomorphisms (in this case we might be interested in isomorphisms classes of certain types of algebras) or that they have a certain preserving property.

We were searching the optimal versions of the fundamental theorems of geometry of matrices. The classical results of this type describe the general form of bijective maps on some matrix sets preserving the adjacency in both directions. Is it possible to relax the assumptions (bijectivity or strong preserving property) and still get a reasonable description of such maps? We found the optimal characterizations of adjacency preserving maps together with counterexamples showing the optimality of the results.

We extended the fundamental theorem of geometry of hermitian matrices to the infinite-dimensional case. This extension lead to a new, simpler approach to the study of symmetries (bijective preservers on the space of self-adjoint operators on a Hilbert space) that play an important role in mathematical foundations of quantum mechanics. We have studied the optimality of Ludwig's characterization of orthoautomorphisms of effect algebras and related results.

Results on preserving adjacency (or coherency) on hermitian matrices have been used to study light-cone preserving maps on Minkowski space.

Nonassociative algebras in which every non-scalar element generates an algebra isomorphic to the algebra of complex numbers was treated. With a help of such algebras we characterize low-dimensional Cayley-Dickson algebras.

One of the classical open problems in the theory of Banach algebras asks whether all bijective linear spectrum preserving maps on semisimple Banach algebras must be Jordan isomorphisms. We examined a new approach to this problem based on algebraic methods.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V okviru projekta smo dokazali nekaj novih izrekov in jih objavili v uglednih mednarodnih revijah ter predstavili na več mednarodnih konferencah (pogosto kot vabljeni predavatelji), poletnih šolah za postdoktorske raziskovalce in v okviru vabljenih predavanj na tujih univezah v Evropi, severni Ameriki in v Aziji. Tu omenimo le glavne rezultate:

-Poiskali smo kratka dokaza klasičnih izrekov Frobeniusa in Zorna o asociativnih in alternativnih realnih obsegih. Ta dva izreka karakterizirata prve štiri Cayley-Dicksonove algebre. Zatem smo vpeljali in obravnavali razred realnih neasociativnih algeber, v katerih je vsaka podalgebra, generirana z neskalarnim elementom, izomorfná algebri kompleksnih števil. Imenujemo jih lokalno kompleksne algebre. Med drugim smo opisali vse take algebre dimenzije največ 4. Naša glavna motivacija za vpeljavo lokalno kompleksnih algeber pa je dejstvo, da nam ta koncept omogoči razširitev izrekov Frobeniusa in Zorna, tako da vključuje tudi peto Cayley-Dicksonovo algebro, sedenione.

-Naj bosta A in B enotski polenostavni Banachovi algebri. Pokazali smo, da je bijektivna linearna preslikava iz 2×2 matrične algebre nad A v B , ki ohranja spekter, jordanški homomorfizem. To je pomemben prispevek k študiju znamenitega Kaplanskyjevega problema karakterizacije ohranjevalcev invertibilnosti.

-V matematičnih osnovah kvantne mehanike omejene opazljivke predstavimo s sebi-adjungiranimi operatorji. Množico takih operatorjev lahko opremimo z različnimi operacijami in relacijami, ki imajo pomembne fizikalne interpretacije. Avtomorfizme, ki ohranjajo te operacije ali relacije, imenujemo simetrije. Izkaže se, da mora biti precej teh simetrij realno linearnih do translacij. Uvedli smo enoten pristop k študiju takih simetrij, ki je zasnovan na ohranjevalcih sosednosti. Tovrstne preslikave smo študirali tudi na pozitivnih operatorjih in na pozitivnih obrnljivih operatorjih. Strukturni rezultati na pozitivnih obrnljivih operatorjih se bistveno razlikujejo od ustreznih rezultatov na množici vseh sebi-adjungiranih operatorjev.

-Opisali smo splošno obliko bijektivnih ohranjevalcev primerljivosti na efektni algebri na Hilbertovem prostoru. S tem smo izboljšali znane karakterizacije orto-urejenostnih avtomorfizmov. Ta problem se izkaže za mnogo težjega kot v zgoraj opisanem primeru množice vseh sebi-adjungiranih operatorjev ali pozitivnih (obrnjljivih) sebi-adjungiranih operatorjev. Dobljena splošna oblika tovrstnih preslikav je bila presenetljiva glede na dosedaj znane rezultate.

-Potem pa smo študirali efektno algebro opremljeno še z drugimi operacijami in relacijami, ki so relevantne v matematični formalizaciji kvantne mehanike. Avtomorfizme tako dobljenih struktur podobno kot zgoraj imenujemo simetrije. Ponovno smo uporabili idejo prevedbe na problem karakterizacije ohranjevalcev sosednosti. Le da je v tem primeru študij ohranjevalcev sosednosti bistveno težji.

-Izrek o strukturi ohranjevalcev sosednosti na hermitskih algebrah je mogoče uporabiti za študij ohranjevalcev svetlobnih stožcev na prostoru Minkowskega. Tovrstne preslikave smo uspeli opisati pod šibkejšimi pogoji, kot so bili znani do sedaj. Poleg geometrijskih metod smo uporabili tudi izreke iz algebráčne topologije.

-Poglavitni dosežek projekta pa je dokaz optimalne verzije Huajevega fundamentalnega izreka geometrije matrik. Rešitev problema smo podali v treh člankih, katerih skupna dolžina presega 150 strani. V prvem članku je problem rešen v celoti z izjemo nizkodimenzionalnega primera, ki je bil rešen posebej. Ta dva članka pokažeta, da je pri tem problemu potrebno ločiti med matrikami na splošnih obsegih in matrikami nad EAS obsegi. V zadnjem članku iz te serije smo poiskali še optimalno verzijo Huajevega izreka za matrike nad EAS obsegi.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Zastavljeni cilji so uresničeni. Kot dokaz uspešnosti raziskovalne skupine navedimo zgolj podatke za vodjo projekta. Ta je v letih 2012 - 2014 objavil 11 znanstvenih člankov, vse v revijah s faktorjem vpliva, med drugim v tako uglednih revijah kot so: *Memoirs of the*

American Mathematical Society, Communications in Mathematical Physics, Journal of London Mathematical Society, Canadian Journal of Mathematics in Journal of Algebra. Dva samostojna članka (ne pregledna članka, ampak članka z novimi rezultati) sta dolgi razpravi s po 60 in 74 stranmi.

Delo raziskovalne skupine je bilo ves čas vpeto v mednarodne okvire in tudi mednarodno odmevno. Pri zgoraj omenjenih člankih so bili soavtorji iz ZDA, Kanade, Madžarske, Španije in Maroka. SICRIS pokaže za obdobje 2012-14 za vodjo projekta 932 normiranih citatov. V tem času je imel vodja projekta več plenarnih predavanj v Evropi, Severni Ameriki in Aziji ter dve vabljeni večurni seriji predavanj na poletnih šolah za postdoktorske študente.

Tudi sodelavci imajo vsi po vrsti članke v revijah s faktorjem vpliva, dokaj visoko citiranost in ustrezno mednarodno sodelovanje.

Lahko zaključimo, da je bila raziskovalna skupina uspešna in da je bilo njeno delo ustrezno mednarodno predstavljeno.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Sprememb ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	16947545	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimalna verzija Huajevega fundamentalnega izreka geometrije pravokotnih matrik
		ANG	The optimal version of Hua's fundamental theorem of geometry of rectangular matrices
	Opis	SLO	Huajev fundamentalni izrek geometrije matrik opiše splošno obliko bijektivnih preslikav na prostoru $m \times n$ matrik nad (ne nujno komutativnim) obsegom \mathbb{D} , ki ohranjajo sosednost v obe smeri. Motivirani s številnimi uporabami se ukvarjamo z možnimi izboljšavami tega izreka. Le te so možne v treh smereh. Najprej se vprašamo, ali je mogoče nadomestiti predpostavko ohranjanja sosednosti v obe smeri s šibkejšo predpostavko, da se sosednost ohranja zgolj v eno smer in pri tem še vedno dobiti enak zaključek. Ali lahko omilimo predpostavko bijektivnosti? In končno, ali je mogoče dobiti podobne strukturne rezultate za ohranjevalce sosednosti med matričnimi prostori različnih dimenzij? EAS obseg je tak obseg, ki ni izomorfen nobenemu svojemu pravemu podobsegu. Za matrike nad takimi obsegi hkrati rešimo vse tri zgoraj naštetih probleme in s tem dobimo optimalno verzijo Huajevega izreka. Pri splošnih obsegih dobimo tak optimalni rezultat le v primeru, ko je domena prostor kvadratnih matrik. S primeri pokažemo, da se kvadratni primer ne da posplošiti na poljubne pravokotne matrike.
		ANG	Hua's fundamental theorem of geometry of matrices describes the general form of bijective maps on the space of all $m \times n$ matrices over a division ring \mathbb{D} which preserve adjacency in both directions. Motivated by several applications we study a long standing open problem of possible improvements. There are three natural questions. Can we replace the assumption of preserving adjacency in both directions by the weaker assumption of preserving adjacency in one direction only and still get the same conclusion? Can we relax the bijectivity assumption? Can we obtain an analogous result for maps acting between the spaces of rectangular matrices of different sizes? A division ring is said to be EAS if it is not isomorphic to any proper subring. For matrices over EAS division rings we

			solve all three problems simultaneously, thus obtaining the optimal version of Hua's theorem. In the case of general division rings we get such an optimal result only for square matrices and give examples showing that it cannot be extended to the non-square case.
	Objavljeno v	American Mathematical Society; Memoirs of the American Mathematical Society; 2014; Vol. 232, no. 1089; str. 1-74; Impact Factor: 1.782; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.674; A': 1; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Šemrl Peter	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	16568409	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Ohranjevalci primerljivosti na efektnih algebrah na Hilbertovih prostorih
		<i>ANG</i>	Comparability preserving maps on Hilbert space effect algebras
	Opis	<i>SLO</i>	Opišemo splošno obliko bijektivnih ohranjevalcev primerljivosti na efektni algebri na Hilbertovem prostoru. S tem izboljšamo znane karakterizacije orto-urejenostnih avtomorfizmov.
		<i>ANG</i>	We describe the general form of bijective comparability preserving transformations of the Hilbert space effect algebra, thus improving several known characterizations of ortho-order automorphisms.
	Objavljeno v	Springer-Verlag; Communications in Mathematical Physics; 2012; Vol. 313, iss. 2; str. 375-384; Impact Factor: 1.971; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.263; A': 1; WoS: UR; Avtorji / Authors: Šemrl Peter	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	16756569	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Simetrije efektnih algeber na Hilbertovih prostorih
		<i>ANG</i>	Symmetries of Hilbert space effect algebras
	Opis	<i>SLO</i>	Naj bo \mathcal{H} Hilbertov prostor in $E(\mathcal{H})$ algebra efektov na \mathcal{H} , to je, množica vseh sebiadjungiranih operatorjev $A \in \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H}$, za katere velja $0 \leq A \leq I$. To algebro lahko opremimo z različnimi operacijami in relacijami, ki so relevantne v matematični formalizaciji kvantne mehanike. Avtomorfizme tako dobljenih struktur imenujemo simetrije. Predstavimo novo metodo za opis splošne oblike teh preslikav. Glavna ideja je prevedba na problem karakterizacije ohranjevalcev sosednosti. Z našim novim pristopom ponovno dokažemo nekatere že znane rezultate, a tudi nekaj novih.
		<i>ANG</i>	Let \mathcal{H} be a Hilbert space and $E(\mathcal{H})$ the effect algebra on \mathcal{H} , that is, $E(\mathcal{H})$ is the set of all self-adjoint operators $A \in \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H}$ satisfying $0 \leq A \leq I$. The effect algebra can be equipped with several operations and relations that are important in mathematical foundations of quantum mechanics. Automorphisms with respect to these operations or relations are called symmetries. We present a new method that can be used to describe the general form of such maps. The main idea is to reduce this kind of problem to the study of adjacency-preserving maps. The efficiency of this approach is illustrated by reproving some known results as well as by obtaining some new theorems.
	Objavljeno v	Hodgson; Journal of the London Mathematical Society; 2013; Vol. 88, part 2; str. 417-436; Impact Factor: 0.884; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.674; A': 1; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Šemrl Peter	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	16568665	Vir: COBISS.SI

	Naslov	<i>SLO</i>	Simetrije na omejenih opazljivkah: enotni pristop preko ohranjevalcev sosednosti
		<i>ANG</i>	Symmetries on bounded observables: a unified approach based on adjacency preserving maps
	Opis	<i>SLO</i>	V matematičnih osnovah kvantne mehanike omejene opazljivke predstavimo s sebi-adjungiranimi operatorji. Množico takih operatorjev lahko opremimo z različnimi operacijami in relacijami, ki imajo pomembne fizikalne interpretacije. Avtomorfizme, ki ohranjajo te operacije ali relacije, imenujemo simetrije. Izkaže se, da mora biti precej teh simetrij realno linearnih do translacij. Uvedemo enoten pristop k študiju takih simetrij, ki je zasnovan na ohranjevalcih sosednosti. Tovrstne preslikave študiramo tudi na pozitivnih operatorjih in na pozitivnih obrnljivih operatorjih. Strukturni rezultati na pozitivnih obrnljivih operatorjih se bistveno razlikujejo od ustreznih rezultatov na množici vseh sebi-adjungiranih operatorjev.
		<i>ANG</i>	Self-adjoint operators represent bounded observables in mathematical foundations of quantum mechanics. The set of all self-adjoint operators can be equipped with several operations and relations having important interpretations in physics. Automorphisms with respect to these relations or operations are called symmetries. Many of them turn out to be real-linear up to a translation. We present a unified approach to the description of the general form of such symmetries based on adjacency preserving maps. We consider also symmetries defined on the set of all positive operators or on the set of all positive invertible operators. In particular, we will see that the structural result for adjacency preserving maps on the set of all positive invertible operators differs a lot from its counterpart on the set of all selfadjoint operators.
	Objavljeno v		Birkhäuser; Integral equations and operator theory; 2012; Vol. 72, iss. 1; str. 7-66; Impact Factor: 0.713; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.673; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Šemrl Peter
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	16962649	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Ohranjevalci obrnljivosti na centralnih enostavnih algebrah
		<i>ANG</i>	Invertibility preservers on central simple algebras
	Opis	<i>SLO</i>	Kaplanskyjev problem karakterizacije linearnih ohranjevalcev obrnljivosti je rešen v posebnem primeru preslikav na centralno enostavnih algebrah.
		<i>ANG</i>	We solve Kaplansky's problem concerning the structure of linear preservers of invertibility in the special case of maps on central simple algebras.
	Objavljeno v		Academic Press; Journal of algebra; 2014; Vol. 408; str. 42-60; Impact Factor: 0.604; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.674; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Šemrl Peter
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i>	glavni urednik revije Linear Algebra and Its Applications
		<i>ANG</i>	Editor-in-Chief, Linear Algebra and Its Applications
	Opis	<i>SLO</i>	glavni urednik

		ANG	Editor-in-Chief
	Šifra		C.04 Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v		http://www.journals.elsevier.com/linear-algebra-and-its-applications/
	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
2.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	predsednik International Linear Algebra Society
		ANG	president of International Linear Algebra Society
	Opis	SLO	izvoljen za predsednika ILAS
		ANG	elected for ILAS president
	Šifra		D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v		http://www.ilasic.org/misc/officers.html
	Tipologija		3.25 Druga izvedena dela
3.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	urednik revije Linear and Multilinear Algebra
		ANG	member of the editorial board, Linear and Multilinear Algebra
	Opis	SLO	uredništvo
		ANG	membership in the editorial board
	Šifra		C.06 Članstvo v uredniškem odboru
	Objavljeno v		http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?show=editorialBoard&journalCode=glma20#.VPlkyeHfs5w
	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
4.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	urednik revije Operators and Matrices
		ANG	member of the editorial board, Operators and Matrices
	Opis	SLO	uredništvo
		ANG	membership in the editorial board
	Šifra		C.06 Članstvo v uredniškem odboru
	Objavljeno v		http://oam.ele-math.com/editorial
	Tipologija		4.00 Sekundarno avtorstvo
5.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	član Board of Directors ILAS, 2012
		ANG	member of ILAS Board of Directors, 2012-2014
	Opis	SLO	članstvo v upravnem odboru International Linear Algebra Society
		ANG	member of Board of Directors of the International Linear Algebra Society
	Šifra		D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih
	Objavljeno v		http://www.ilasic.org/misc/pastofficers.html
	Tipologija		3.25 Druga izvedena dela

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Naša raziskovalna skupina objavlja v uglednih mednarodnih znanstvenih revijah. O pomenu za razvoj znanosti pričajo podatki o citiranosti vodje projekta:

- normirani citati (1993-2014): 4139
- normirani h-indeks: 29
- število citatov po MathSciNet: 2141

Sodelavec Matej Brešar ima celo nekoliko višjo citiranost.

O relevantnosti naših raziskav pričajo še sledeča dejstva:

- vodja projekta je bil izvoljen za predsednika International Linear Algebra Society
- vodja projekta je glavni urednik revije Linear Algebra and Its Applications, ki je vodilna revija na področju linearne algebre
- vodja projekta je član uredniških odborov še dveh znanstvenih revij s faktorjem vpliva
- sodelavec Matej Brešar je član uredniških odborov dveh revij s faktorjem vpliva

ANG

Our research group publishes in international research journals of high quality. The easiest way to prove the relevance of our research to the development of our scientific field is to check the total citations of the leading researcher Peter Šemrl:

- normalized number of citations (1993-2014): 4139
- normalized h-index: 29
- total citations according to MathSciNet: 2141

Matej Brešar, another member of the research group, has been cited even more.

Few other facts proving the relevance of our research:

- the leading researcher was elected to be the president of the International Linear Algebra Society
- the leading researcher is Editor-in-Chief of Linear Algebra and Its Applications, the leading journal in the area of linear algebra
- the leading researcher is a member of two more editorial board of mathematical journals with impact factor
- Matej Brešar is a member of editorial boards of two journals with impact factor

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Matematika je jezik naravoslova in tehnike. Vse uspešne države imajo dobro razvito matematiko. Težko je verjeti, da bi bila lahko neka država gospodarsko in tudi sicer dobro razvita ne da bi imela močno razvite vse naravoslovne znanosti in še posebej matematiko.

Delo naše skupine je močno vpeto v mednarodne okvire (vodja projekta ima okoli 40 soavtorjev iz tujine). To je še zlasti pomembno pri vzgoji mladih kadrov in pri promociji naše države v tujini.

ANG

Mathematics is the common language of science and technology. All highly developed countries have excellent schools of mathematics. It is hard to believe that some country can be economically successful without having well-developed all sciences and in particular, mathematics.

Our research group is included in international exchange of knowledge (the leading researcher has around 40 coauthors from abroad). This is very important when supervising young researchers. It also adds to the international promotion of our country.

10.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 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 type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input 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 type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

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

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	

G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.07.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	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			

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Peter Šemrl je v članku dolgem kar 74 strani, objavljenem v prestižni reviji *Memoirs of the American Mathematical Society*, dokončno rešil problem optimalne verzije Huajevega fundamentalnega izreka geometrije matrik. Nekaj strani članka je posvečenih primerom, ki pokažejo optimalnost dobljenega izreka, večino članka pa tvori dolg in zahteven dokaz tega izreka.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Petra Šemrla je nominacijski odbor ILASa (International Linear Algebra Society) nominiral kot enega od dveh kandidatov za predsednika te organizacije. Na volitvah, ki so potekale v letu 2013, je bil izvoljen za mandatno obdobje 1/3/2014 - 28/2/2017. ILAS združuje matematike iz vsega sveta, ki delajo na področju linearne algebre.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS

- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
matematiko in fiziko

Peter Šemrl

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

9.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/164

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

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

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

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

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

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

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni

strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

03-9C-24-B3-B9-C2-D2-15-6A-58-D2-F4-74-BC-A2-E1-15-6A-3F-B3

Priloga 1

VEDA: Naravoslovne vede

Področje: 1.01 Matematika

Dosežek 1: Izvirni znanstveni članek, Vir: *Memoirs of the American Mathematical Society*, vol. 232, no. 1089, str. 1-74.

The optimal version of Hua's fundamental theorem of geometry of rectangular matrices

About this Title

Peter Šemrl

Publication: *Memoirs of the American Mathematical Society*

Publication Year 2014: Volume 232, Number 1089

ISBNs: 978-0-8218-9845-1 (print); 978-1-4704-1892-2 (online)

DOI: <http://dx.doi.org/10.1090/memo/1089>

Published electronically: February 19, 2014

Keywords: Rank, adjacency preserving map, matrix over a division ring

[View full volume PDF](#) 

View other years and numbers:

Table of Contents

Chapters

- Chapter 1. Introduction
- Chapter 2. Notation and basic definitions
- Chapter 3. Examples
- Chapter 4. Statement of main results
- Chapter 5. Proofs

Peter Šemrl je uspel v 74 strani dolgem članku dokazati optimalno verzijo Huajevega fundamentalnega izreka.

Njegov rezultat je bil objavljen v eni najprestižnejših matematičnih revij *Memoirs of the American Mathematical Society*.

Priloga 2

VEDA: Naravoslovne vede
Področje: 1.01 Matematika

Dosežek 1: Predsedovanje mednarodni organizaciji ILAS, vir:
<http://www.ilasic.org/misc/officers.html>.

ILAS Officers	
ILAS Homepage	Current ILAS Officers
ILAS Publications	(or see list of past ILAS officers)
ILAS - NET	Executive Board: [To contact an Exec. member click here]
Linear Algebra Education	President - Peter Semrl Vice-President - Bryan Shader Secretary/Treasurer - Leslie Hogben
Linear Algebra Journals	Board of Directors, which consists of the Executive Board and:
Linear Algebra Conferences	Avi Berman Froilan Dopico Volker Mehrmann Dale Olesky Michael Overton Eugene Tyrtshnikov
Research in Linear Algebra	Manager of ILAS-NET and ILAS Information Center (IIC): Sarah Carnochan Naqvi

Peter Šemrl je bil v letu 2013 nominiran in izvoljen za predsednika mednarodne organizacije The International Linear Algebra Society (ILAS), za obdobje od 1. marca 2014 do 28. februarja 2017. ILAS je bila ustanovljena leta 1989 in združuje več kot 450 raziskovalcev z vsega sveta, ki raziskujejo na področju linearne algebre. ILAS izdaja ugledno revijo The Electronic Journal of Linear Algebra in podeljuje nekaj prestižnih nagrad na področju linearne algebre, kot sta na primer nagrada Hansa Schneiderja in javno predavanje Taussky-Todd.