

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/115



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P1-0222
Naslov programa	Algebra v teoriji operatorjev in finančna matematika Algebra in operator theory and financial mathematics
Vodja programa	9573 Matjaž Omladič
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	22440
Cenovni razred	A
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	101 Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko
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 PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program obsega raziskave na področju algebre in teorije operatorjev, poleg tega pa bomo preučevali tudi uporabe teh dveh znanstvenih disciplin v finančni matematiki. Glavna

podpodročja naših raziskav segajo v teorijo grup, realno algebraično geometrijo, teorijo ohranjevalcev in operatorjev na Banachovih prostorih, teorijo polkolobarjev in univerzalno algebro, na področju finančne matematike pa se bomo ukvarjali predvsem s stohastično analizo.

V teoriji grup bomo razvijali homološke metode za študij problema Emmy Noether in iskali uporabe v algebraični geometriji in K-teoriji. V realni algebraični geometriji bomo iskali rešitve klasičnih problemov iskanja ekstremnih vrednosti hermitskih elementov dane algebre na semialgebraičnih množicah. Raziskali bomo uporabe dobljenih rešitev v teoriji kontrole sistemov in optimizaciji. Študirali bomo lastnosti operatorjev in polgrup operatorjev, poleg tega pa bomo raziskovali preslikave, ki ohranjajo predpisane lastnosti. Razvijali bomo strukturno teorijo polkolobarjev in preučevali posplošitve Stoneove dualnosti v univerzalni algebri. Iskali bomo uporabe naših rezultatov v finančni matematiki, poleg tega pa bomo na tem področju raziskovalni slučajne procese, poročene s stohastičnimi parcialnimi diferencialnimi enačbami.

ANG

The research program will focus on research in algebra and operator theory, and will explore their applications in financial mathematics. The main fields of research include group theory, real algebraic geometry, preserver theory and the theory of operators on Banach spaces, semiring theory and universal algebra. In financial mathematics we will conduct research on stochastic analysis.

Within group theory we will be developing new homological methods for solving Noether's problem, and their applications in algebraic geometry and K-theory will be explored. The research in real algebraic geometry will focus on finding extreme values of hermitian elements of given algebras on semialgebraic sets. Applications in control theory and optimization will be explored. We will be studying properties of operators on Banach spaces and semigroups of such operators. In addition to that, we will be describing maps preserving various prescribed algebraic properties. A part of our work will consist of developing structural theory of semirings, and exploring various generalizations of Stone duality within universal algebra. An important goal will be to find applications of our results in financial mathematics, where, in particular, we will study random processes induced by stochastic partial differential equations.

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Glavna raziskovalna področja znotraj programske skupine so realna algebraična geometrija, teorija operatorjev, teorija grup in uporabe, študij algebraičnih struktur, kot so mreže, kolobarji ipd. in finančna matematika.

Del programske skupine (Cimprič, Klep, Cafuta) se je ukvarjal z nekomutativnimi posplošitvami izrekov o pozitivnosti in o problemih momentov na semialgebraičnih množicah, in sicer tako s teoretičnega kot z računskega vidika. Naša skupina spada med najboljše tri v svetu na tem področju, ki se imenuje Nekomutativna realna algebraična geometrija.

Naši najpomembnejši dosežki so: (1) Dokazali smo Krivine-Stenglove in Schmuedgen-Putinarjeve izreke o pozitivnosti za matrične polinome. (2) Dokazali smo enostranski realni izrek o ničlah in sicer tako za proste *-algebre kot tudi za matrične polinome. (3) Dokazali smo konveksni izrek o pozitivnosti za proste algebre.

Naši najbolj uporabni dosežki so: (1) Razvoj programskih orodij za nekomutativno optimizacijo prostih polinomov ter kvantnih in Weylovih polinomov. (2) Razvili smo nelinearno dualnostno teorijo za semidefinitno programiranje, ki deluje tudi kadar niso izpolnjene običajne tehnične predpostavke.

Primož Moravec je nadaljeval s študijem Schurovih multiplikatorjev grup. Našel je uporabo te

konstrukcije pri študiju problema Emmy Noether iz algebraične geometrije. Odkril je homološki opis nerazvejenih Brauerjevih grup in s pomočjo tega rešil trideset let star problem, ki ga je zastavil Bogomolov. Razvil je računalniška orodja za izračun multiplikatorjev Bogomolova, kar je omogočilo nov zagon teorije. Njegovi dosežki na tem področju so bili s strani ARRS izbrani med izjemne dosežke za leto 2012.

Kot del raziskovalnega programa je Primož Potočnik raziskoval povezavo med amalgami grup in lokalno ločno tranzitivnimi grafi. Med drugim je poiskal vse amalgame indeksov $(4,2)$ in $(4,3)$. Dobljene rezultate je uporabil za konstrukcijo polnega seznama majhnih 2-ločno tranzitivnih grafov valence 4 ter lokalno ločno tranzitivnih grafov valence $(4,3)$ s trivialnim povezavnim jedrom.

Poševne Booleove algebre predstavljajo nekomutativno različico algebraičnih struktur, ki jih srečamo v Stoneovi dualnosti, in kot takšne pomenijo naravno izhodišče za raziskovanje pojma nekomutativnega prostora. Po rezultatu, ki sta ga dokazala Bauer in Cvetko Vah, so poševne Booleove algebre dualne snopom na prostorih, ki nastopajo v originalni Stoneovi dualnosti za Booleove algebre. Dobljeni rezultat pojasni, kako se nekomutativnost odraža na geometrijski strani: običajni prostori so obogateni v snope oz. étale preslikave. Kot geometrijski objekti predstavljajo elementi poševnih Booleovih algeber delne preslikave, opremljene z operacijama "povozi" (override) in "zožitev". Algebre delnih funkcij so centralne na mnogih področjih teoretičnega računalništva, vključno s teorijo domen, kjer igrata operaciji "povozi" in "zožitev" pomembno vlogo. Dobljena dualnost torej identificira poševne Booleove algebre kakor algebraični analog struktur, ki so temeljnega pomena v računalništvu.

Na področju teorije kolobarjev je del raziskovalne skupine (Dolžan, Oblak) dosegel rezultate, kot so karakterizacija obrnljivih matrik nad antinegativnimi polkolobarji, kar je bilo poprej znano le v primeru, ko je bil polkolobar brez deliteljev ničla. Poleg tega nam je uspelo izračunati diametre grafov komutativnosti za velik razred polkolobarjev (polkolobarji z delitelji ničla, tropski polkolobar, Boolov polkolobar).

Z mednarodno ekipo sodelavcev smo razvijali metode operatorskih polgrup za študij transportne in difuzijske enačbe v omrežjih. Najpomembnejši dosežek je razvoj dveh novih pristopov za obravnavo neavtonomnih (tj. časovno odvisnih) problemov.

Del raziskovalne skupine je študiral reflektivnost in hiperreflektivnost prostorov operatorjev. Študirali smo tudi grafe komutativnosti za algebro omejenih linearnih operatorjev na kompleksnem Hilbertovem prostoru in kvazimultiplikatorje na Banachovih moduli. V Banachovih prostorih smo študirali tudi trikotljivost polgrup operatorjev, v katerih ima vsak komutator rang kvečjemu 1.

Pomemben del raziskovanja v naši skupini je predstavljal študij ohranjevalcev. Tako smo klasificirali bijektivne ohranjevalce kvazikomutativnosti v obeh smereh na algebri vseh kvadratnih matrik dane velikosti nad kompleksnimi števili. V tej smeri smo obravnavali tudi medsebojne komutativnostne relacije operatorjev na končno dimenzionalnem Hilbertovem prostoru.

Izračun matematičnega upanja neke testne funkcije slučajnega procesa, porojenega s stohastično (parcialno) diferencialno enačbo $(S(P)DE)$, v določenem fiksnem časovnem trenutku je v finančni matematiki ključno za vrednotenje izvedenih finančnih instrumentov pri do tveganja nevtralnem meri. Kubaturne sheme in njihova podzvrst razcepne sheme predstavljajo razred numeričnih metod višjega reda za izračun omenjenega matematičnega upanja. S pomočjo tehnik iz proste Liejeve algebre in iz operatorskih polgrup smo razširili ekstrapolacijo simetriziranega Lie-Trotterjevega razcepa in Fujiwarovega razcepa do poljubnega numeričnega reda, če so le vektorska polja v $S(P)DE$ in testna funkcija primerno gladki z omejenimi odvodi. Z uvedbo uteženih funkcijskih prostorov smo koncept kubaturnih shem smo razširili na npr. eksponentno in polinomsko rastoče testne funkcije in vektorska polja in jih s tem naredili uporabne v primerih iz dejanske prakse.

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

SLO

Glede na zgoraj navedeno lahko upravičeno trdimo, da smo zastavljene cilje povsem dosegli in v marsičem celo presegli. Kot je razvidno iz celotne bibliografije članov programske skupine, smo, poleg rezultatov, ki sodijo na ožje raziskovalno področje, dosegli tudi veliko rezultatov s širšega področja teoretične in uporabne matematike (kjer je potrebno predvsem izpostaviti dosežke na področju matematične biologije in finančne matematike), ki so jih člani skupine poleg z objavami predstavljali mednarodni matematični javnosti tudi s predavanji na konferencah in vabljenimi predavanji na tujih univerzah. S tem smo skrbeli za pretok matematičnega znanja med Slovenijo in svetom.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Ni bilo sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	16636249	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Nekomutativni realni izrek o ničlah ustreza nekomutativnemu realnemu idealu: algoritmi
		ANG	A noncommutative real nullstellensatz corresponds to a noncommutative real ideal: algorithms
		SLO	Članek posploši klasični realni izrek o ničlah Dubois in Rislerja na leve ideale v prostih algebrah z involucijo $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$, kjer je $x = (x_1, \dots, x_n)$. Najprej uvedemo pojma (nekomutativne) množice ničel levega ideala in realnega levega ideala. Nato dokažemo, da vsak element iz $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$, čigar množica ničel vsebuje presek množic ničel elementov iz končne podmnožice S v $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$, pripada najmanjšemu realnemu levemu idealu, ki vsebuje množico S . V nadaljevanju podamo algoritem, ki za vsako končno podmnožico S v $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$ izračuna najmanjši realni levi ideal, ki vsebuje množico S . Dokažemo tudi, da se algoritem ustavi v končnem številu korakov. Definicije in nekateri rezultati se posplošijo tudi na druge $\ast$ -algebre. Kot primer obravnavamo realne leve ideale v $M_n(\mathbb{R}[x_1])$.
		ANG	This article extends the classical Real Nullstellensatz of Dubois and Risler to left ideals in free $\ast$ -algebras $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$ with $x = (x_1, \dots, x_n)$. First, we introduce notions of the (noncommutative) zero set of a left ideal and of a real left ideal. We prove that every element from $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$ whose zero set contains the intersection of zero sets of elements from a finite subset S of $\mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$ belongs to the smallest real left ideal containing S . Next, we give an implementable algorithm, which for every finite $S \subset \mathbb{R} \langle x, x^{\ast} \rangle$, computes the smallest real left ideal containing S , and prove that the algorithm succeeds in a finite number of steps. Our definitions and some of our results also work for other $\ast$ -algebras. As an example, we treat real left ideals in $M_n(\mathbb{R}[x_1])$.
Objavljeno v		Clarendon Press; Proceedings of the London Mathematical Society; 2013; Vol. 106, iss. 5; str. 1060-1086; Impact Factor: 1.121; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.674; A': 1; WoS: PQ; Avtorji /	

		Authors: Cimprič Jaka, Helton J. William, McCullough Scott, Nelson Christopher	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	16521305	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nerazvejane Brauerjeve grupe končnih in neskončnih grup
		ANG	Unramified Brauer groups of finite and infinite groups
	Opis	SLO	Multiplikator Bogomolova je grupno teoretična invarianta, ki je izomorfna nerazvejeni Brauerjevi grupi danega kvocientnega prostora. V članku izpeljemo homološko različico te invariante, dokažemo Hopfovo formulo in opišemo njeno vlogo v teoriji centralnih razširitev. Podamo nov opis multiplikatorja Bogomolova za grupe, ki so nilpotentne razreda 2. Poleg tega definiramo multiplikator Bogomolova v kontekstu K-teorije in pokažemo, da je problem trivialnosti te invariante ekvivalenten znanemu odprtemu problemu iz K-teorije, ki ga je zastavil Bass. Na koncu opišemo algoritem za računanje multiplikatorja Bogomolova.
		ANG	The Bogomolov multiplier is a group theoretical invariant isomorphic to the unramified Brauer group of a given quotient space. We derive a homological version of the Bogomolov multiplier, prove a Hopf-type formula, find a five term exact sequence corresponding to this invariant, and describe the role of the Bogomolov multiplier in the theory of central extensions. A new description of the Bogomolov multiplier of a nilpotent group of class two is obtained. We define the Bogomolov multiplier within K-theory and show that proving its triviality is equivalent to solving a long-standing problem posed by Bass. An algorithm for computing the Bogomolov multiplier is developed.
	Objavljeno v	Johns Hopkins University Press; American journal of mathematics; 2012; Vol. 134, no. 6; str. 1679-1704; Impact Factor: 1.350;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.673; A': 1; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Moravec Primož	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	16592985	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Matrična relaksacija liearne matrične neenakosti
		ANG	The matricial relaxation of a linear matrix inequality
	Opis	SLO	Članek predstavi matrične relaksacije linearne matrične neenakosti $L(x) > 0$, pri katerih namesto skalarjev x_j za spremenljivke vstavljamo simetrične matrike X_j . Osrednje spoznanje prispevka je, da je relaksirana LMI dominacija enakovredna klasičnemu problemu iz operatorskih algeber. Namreč problemu, ali je linearna preslikava med vektorskima podprostoroma matričnih algeber "popolnoma pozitivna".
			Given linear matrix inequalities (LMIs) L_1 and L_2 it is natural to ask: (Q_1) when does one dominate the other, that is, does $L_1(X) \succeq 0$ imply $L_2(X) \succeq 0$? (Q_2) when are they mutually dominant, that is, when do they have the same solution set? The matrix cube problem of Ben-Tal and Nemirovski (SIAM J Optim 12:811-833, 2002) is an example of LMI domination. Hence such problems can be NP-hard. This paper describes a natural relaxation of an LMI, based on substituting matrices for the variables x_j . With this relaxation, the domination questions (Q_1) and (Q_2) have elegant answers, indeed reduce to constructible semidefinite programs. As an example, to test the strength of this relaxation we specialize it to the matrix cube problem and obtain essentially the relaxation given in Ben-Tal and Nemirovski (SIAM J Optim 12:811-833, 2002). Thus our relaxation could be viewed as generalizing it. Assume there is an X such that $L_1(X)$ and $L_2(X)$ are both positive definite,

			and suppose the positivity domain of L_1 is bounded. For our "matrix variable" relaxation a positive answer to (Q_1) is equivalent to the existence of matrices V_j such that $L_2(x) = V_1^* L_1(x) V_1 + \dots + V_\mu^* L_1(x) V_\mu$. $\square \square \square \square \square$ As for (Q_2) we show that L_1 and L_2 are mutually dominant if and only if, up to certain redundancies described in the paper, L_1 and L_2 are unitarily equivalent. Algebraic certificates for positivity, such as (A_1) for linear polynomials, are typically called Positivstellensätze. The paper goes on to derive a Putinar-type Positivstellensatz for polynomials with a cleaner and more powerful conclusion under the stronger hypothesis of positivity on an underlying bounded domain of the form $\{X L(X) \succeq 0\}$. An observation at the core of the paper is that the relaxed LMI domination problem is equivalent to a classical problem. Namely, the problem of determining if a linear map τ from a subspace of matrices to a matrix algebra is "completely positive". Complete positivity is one of the main techniques of modern operator theory and the theory of operator algebras. On one hand it provides tools for studying LMIs and on the other hand, since completely positive maps are not so far from representations and generally are more tractable than their merely positive counterparts, the theory of completely positive maps provides perspective on the difficulties in solving LMI domination problems.
	Objavljeno v		North-Holland; Springer; Mathematical programming; 2013; Vol. 138, iss. 1-2; str. 401-445; Impact Factor: 1.984; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.933; A': 1; WoS: EW, PE, PN; Avtorji / Authors: Helton J. William, Klep Igor, McCullough Scott
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	15997529	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Arhimedski operatorsko teoretični izreki o pozitivnosti
		ANG	Archimedean operator-theoretic Positivstellensätze
	Opis	SLO	Dokažemo splošen arhimedski izrek o pozitivnosti za hermitske operatorske polinome. Odtod izpeljemo posplošitve Dritschel-Rovnyakove operatorske verzije Fejer-Rieszovega izreka za trigonometrične polinome v več spremenljivkah, Ambrozije-Vasilescovega in Scherer-Holovega izreka o pozitivnosti ter sorodnih izrekov. Glavni korak v dokazu je posplošitev abstraktnega arhimedskega izreka o pozitivnosti za algebre z involucijo.
		ANG	We prove a general archimedean positivstellensatz for hermitian operator-valued polynomials and show that it implies the multivariate Fejer-Riesz theorem of Dritschel-Rovnyak and positivstellensätze of Ambrozije-Vasilescu and Scherer-Hol. We also obtain several generalizations of these and related results. The proof of the main result depends on an extension of the abstract archimedean positivstellensatz for $\ast$ -algebras that is interesting in its own right.
	Objavljeno v		Academic Press; Journal of functional analysis; 2011; Vol. 260, iss. 10; str. 3132-3145; Impact Factor: 1.082; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.678; A': 1; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Cimprič Jaka
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	15167321	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Invariantni podprostor operatorskih polgrup s komutatorji ranga kvečjemu ena
		ANG	Invariant subspaces for operator semigroups with commutators of rank at most one
			Naj bo X kompleksen Banachov prostor razsežnosti vsaj 2 in naj bo

Opis	SLO	$\mathcal{S}$ multiplikativna polgrupa operatorjev na X z lastnostjo, da je za vsak par $\{S, T\} \subset \mathcal{S}$ rang komutatorja $ST-TS$ največ 1. Če polgrupa $\mathcal{S}$ ni komutativna, potem dokažemo, da ima netrivialen invarianten podprostor. Kot posledico dobimo trikotljivost polgrupe $\mathcal{S}$, kadar jo sestavljajo polinomske kompaktni operatorji. Ta rezultat je skupna posplošitev izreka iz [H. Radjavi, P. Rosenthal, From local to global triangularization, J. Funct. Anal. 147 (1997) 443-456] in izreka iz [G. Cigler, R. Drnovšek, D. Kokol-Bukovšek, T. Laffey, M. Omladič, H. Radjavi, P. Rosenthal, Invariant subspaces for semigroups of algebraic operators, J. Funct. Anal. 160 (1998) 452-465].
		Let X be a complex Banach space of dimension at least 2, and let $\mathcal{S}$ be a multiplicative semigroup of operators on X such that the rank of $ST-TS$ is at most 1 for all $\{S, T\} \subset \mathcal{S}$. We prove that $\mathcal{S}$ has a non-trivial invariant subspace provided it is not commutative. As a consequence we show that $\mathcal{S}$ is triangularizable if it consists of polynomially compact operators. This generalizes results from [H. Radjavi, P. Rosenthal, From local to global triangularization, J. Funct. Anal. 147 (1997) 443-456] and [G. Cigler, R. Drnovšek, D. Kokol-Bukovšek, T. Laffey, M. Omladič, H. Radjavi, P. Rosenthal, Invariant subspaces for semigroups of algebraic operators, J. Funct. Anal. 160 (1998) 452-465].
	ANG	
	Objavljeno v	Academic Press; Journal of functional analysis; 2009; Vol. 256, iss. 12; str. 4187-4196; Impact Factor: 1.247; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.761; A': 1; WoS: PQ; Avtorji / Authors: Drnovšek Roman
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	239049984	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Ars Mathematica Contemporanea. Omladič, Matjaž (član uredniškega odbora 2008-)
		ANG	Ars Mathematica Contemporanea. Omladič, Matjaž (editorial board 2008-)
	Opis	SLO	urednik
		ANG	editor
	Šifra	C.04	Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	[Tiskana izd.] Ljubljana: Društvo matematikov, fizikov in astronomov, 2008-. ISSN 1855-3966. http://amc.imfm.si/index.php/amc .	
	Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
2.	COBISS ID	14272089	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Matjaž Omladič, urednik revije Operators and Matrices (2006-)
		ANG	Matjaž Omladič, editor of the journal Operators and Matrices (2006-)
	Opis	SLO	urednik
		ANG	editor
	Šifra	C.04	Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Zagreb: Element, 2007-. ISSN 1846-3886	
	Tipologija	3.25	Druga izvedena dela
3.	COBISS ID	5872128	Vir: vpis v poročilo

	Naslov	SLO	Linear and multilinear algebra. Kuzma, Bojan (član uredniškega odbora 2013-).	
		ANG	Linear and multilinear algebra. Kuzma, Bojan (editorial board 2013-).	
	Opis	SLO	urednik	
		ANG	editor	
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije		
	Objavljeno v	New York; London: Gordon and Breach, 1973-. ISSN 0308-1087. http://www.tandfonline.com/loi/glma20 .		
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela		
4.	COBISS ID	16914777		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Special matrices. Kuzma, Bojan (član uredniškega odbora 2013-).	
		ANG	Special matrices. Kuzma, Bojan (editorial board 2013-).	
	Opis	SLO	urednik	
		ANG	editor	
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije		
	Objavljeno v	Warsaw: De Gruyter Open, 2013-. http://www.degruyter.com/view/j/spma		
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela			
5.	COBISS ID	26269952		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Tomaž Košir, urednik revije Rendiconti dell'Istituto di Matematica dell'Universita di Trieste (2008-)	
		ANG	Tomaž Košir, editor of the journal Rendiconti dell'Istituto di Matematica dell'Universita di Trieste (2008-)	
	Opis	SLO	urednik	
		ANG	editor	
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije		
	Objavljeno v	cobiss		
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela			

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

1. Tomaž Košir, organizator konference The Fifth General Conference on Advanced Mathematical Methods in Finance (AMaMeF 2010), Bled, Slovenija, 2010.
2. Matjaž Omladič, organizator konference The Fifth General Conference on Advanced Mathematical Methods in Finance (AMaMeF 2010), Bled, Slovenija, 2010.
3. Roman Drnovšek je v uredniškem odboru Eastern European Journal of Mathematics:
<http://www.academicsservicesintlcorp.org/EastEuropeanJMath.html>
4. Jaka Cimprič je v uredniškem odboru Journal of Algebraic Statistics:
<http://jalgstat.com/editorial-board>
5. Organizacija mednarodne konference LAW 11, Kranjska Gora 2011:
<http://conferences.imfm.si/conferenceDisplay.py?confId=24>

6. Organizacija poletne šole iz finančne matematike, Ljubljana 2011:

<http://conferences2.imfm.si/internalPage.py?pageId=0&confId=2>

7. Image. Kuzma, Bojan (področni urednik 2011-). Pensacola, FL: International Linear Algebra Society, 1988-. ISSN 1533-8991. [COBISS.SI-ID 15113817]

8. Encyclopedia of graphs. Potočnik, Primož (član uredniškega odbora 2012-). Ljubljana: Abelium, raziskave in razvoj, 2012-. ISSN 2335-2825. <http://atlas.gregas.eu>. [COBISS.SI-ID 264926976]

9. POTOČNIK, Primož. How many symmetries can a symmetric graph have?. V: 37th Australian Conference on Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing : the University of Western Australia, December 9-13, 2013. Perth: University of Western Australia, cop. 2013, str. 10. [COBISS.SI-ID 16822873]

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Rezultati, ki jih dosega programska skupina, so pomembni za razvoj matematične znanosti. Ker se ukvarjamo s problemi, ki so bili zastavljeni v okviru širše matematične skupnosti, pričakujemo, da bodo vzbudili pozornost tudi drugje. Rezultati so še posebej velikega pomena za razvoj algebre in njene uporabe v operatorski teoriji. Tako bodo novi rezultati še nekoliko bolj razkrili strukturo nekaterih družin operatorjev. Pomembni bodo v študiju problema invariantnih podprostorov, komutirajočih matrik, simetrij v grafih, realni algebrski geometriji, abstraktni teoriji grup in polgrup in drugje. Veliko naših rezultatov je v znanstveni srenji že vzbudilo zanimanje, pričakujemo, da bo tako tudi v prihodnje. Uspešno smo nadaljevali in poglobili znanstveno sodelovanje v mednarodnem prostoru. Rezultate smo in bomo objavljali v kvalitetnih znanstvenih revijah, predstavljali na mednarodnih konferencah in vabljenih predavanjih po tujih univerzah.

ANG

The results of the research group are important for the development of the mathematical sciences. Since we study problems that were raised in the international mathematical community, we expect they will attract a considerable amount of attention. The results are important for the development of algebra and its application to the operator theory. New results will shed light on the structure of certain families of operators. They are also important in the study of invariant subspace problem, study of commuting matrices, symmetries of graphs, real algebraic geometry, abstract theory of groups and semigroups and elsewhere. Many of our results have already attracted a considerable amount of attention. We expect that the same will be the case also for our future results. We successfully continued with scientific collaboration with many mathematicians around the world. We have published our results in the refereed scientific journals, presented them at the international scientific meetings and at invited lectures at foreign universities.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Člani raziskovalne skupine smo dejavni tudi kot učitelji na univerzi. Tako lahko najnovejše znanstvene rezultate, bodisi lastne bodisi tuje, uspešno prenašamo našim študentom in s tem prispevamo k družbenemu in ekonomskemu razvoju Slovenije. Naši rezultati tvorijo pomemben del slovenske matematične znanosti, ki je fundamentalna za druga področja znanosti. Naši napor, da bi tudi finančna matematika zaživela v Sloveniji z ustrezno znanstveno podlago, pa bodo imeli dolgoročno pomemben vpliv na delovanje finančnih institucij.

ANG

The members of the research group are also university lecturers. This enables us to acquaint our students with the most recent scientific development, either achieved within our group itself or by other researchers, and thus contribute to the socio-economical development of Slovenia. Our achievements constitute an important part of the Slovene mathematical science, which is fundamental for other sciences. Our efforts in developing the scientific foundations of financial mathematics will have considerable impact on financial institutions.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	92
bolonjski program - II. stopnja	15
univerzitetni (stari) program	54

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
32024	Tina Rudolf	☐	☒	☒	
33580	Boris Cergol	☐	☒	☐	
30826	Janez Šter	☐	☒	☒	
31111	Žiga Povalej	☐	☒	☐	
32023	Nik Stopar	☐	☒	☒	
30825	Aleš Toman	☐	☒	☒	
28255	Kristijan Cafuta	☐	☒	☐	
29584	Marko Kandić	☐	☒	☒	
35590	Joao Paulo Pita Da Costa	☐	☒	☐	
23213	Blaž Mojškerc	☐	☒	☐	
28586	Gabriel Verret	☐	☒	☒	
28585	Klemen Šivic	☐	☒	☒	
25610	Marko Orel	☐	☒	☐	
0	Vesna Zakošek	☒	☐	☐	
0	Valentina Herbaj	☒	☐	☐	
28914	Urška Rihtaršič	☒	☐	☐	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
32024	Tina Rudolf	☐	☒	C - Gospodarstvo	
30826	Janez Šter	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	

32023	Nik Stopar	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
30825	Aleš Toman	☐	☒	D - Javni zavod	
29584	Marko Kandić	☐	☒	D - Javni zavod	
28586	Gabriel Verret	☐	☒	D - Javni zavod	
28585	Klemen Šivic	☐	☒	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
B - gospodarstvo
C - javna uprava
D - družbene dejavnosti
E - tujina
F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
B - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
C - študent – doktorand iz tujine
D - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Tega sofinanciranja za našo skupino ni bilo.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

2010:

KD Živiljenje - 16.302 eur (Matjaž Omladič)
 Abelium d.o.o. - 3.500 eur (Primož Potočnik)
 NAUK projekt - 33.209 eur (Iztok Kavkler)

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Trenutno takšnih možnosti nimamo.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja ☐ DA ☒ NE

potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

V eni najuglednejših matematičnih revij American Journal of Mathematics je v letu 2012 izšel članek Unramified Brauer groups of finite and infinite groups avtorja Primoža Moravca. V članku je avtor razvil izvirni pristop k študiju znamenitega problema Emmy Noether iz leta 1918 s področja algebrske in aritmetične geometrije. S pomočjo tega je Moravec rešil trideset let star odprt problem, ki ga je zastavil svetovno znan matematik F. Bogomolov. Rezultat je doživel velik odmev v mednarodni matematični javnosti.

S strani ARRS je bilo to delo uvrščeno med izjemne znanstvene dosežke v letu 2012:

https://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/2012/inc/Znan_dosezki_2012.pdf

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V letu 2013 je Bojan Kuzma postal urednik ugledne revije Linear and Multilinear algebra:

<http://www.tandfonline.com/loi/glma20>

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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Inštitut za matematiko, fiziko in
mehaniko

Matjaž Omladič

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

13.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/115

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s

tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa 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 (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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](#)

43-24-8F-CB-9D-32-AD-8A-E2-5A-C0-86-EA-5E-EE-3B-EA-1A-43-6B