

ODJEL ZA MATEMATIKU
SVEUČILIŠTE U RIJECI

Strateški program znanstvenih istraživanja
Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci
2021. – 2025.

Rijeka, travanj 2021.

SADRŽAJ

1. SVRHA OSNIVANJA I RADA ODJELA
 - 1.1. Misija Odjela za matematiku
 - 1.2. Vizija Odjela za matematiku
 - 1.3. Ustroj Odjela za matematiku
2. ANALIZA ZNANSTVENOG POTENCIJALA I POLOŽAJA ODJELA U ZNANSTVENOM I POSLOVNOM OKRUŽENJU
3. STRATEŠKI CILJEVI ODJELA
4. OČEKIVANI ISHODI STRATEŠKOG PROGRAMA ZNANSTVENIH ISTRAŽIVANJA
5. ZNANSTVENE TEME KOJE ODJEL NAMJERAVA ISTRAŽIVATI S PROGRAMOM RADA I POSEBNIM CILJEVIMA ZA SVAKU TEMU
 - 5.1. Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za algebru i teoriju brojeva
 - 5.2. Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za diskretnu matematiku
 - 5.3. Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za matematičku analizu
6. PLAN ORGANIZACIJSKOG RAZVOJA ODJELA
7. POKAZATELJI USPJEŠNOSTI PROVEDBE STRATEŠKOG PROGRAMA ZNANSTVENIH ISTRAŽIVANJA

1. Svrha osnivanja i rada Odjela

Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci osnovan je Odlukom o osnivanju Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci koju je 17. prosinca 2007. godine donio Senat Sveučilišta u Rijeci. Odjel je osnovan s ciljem okupljanja matematičara sa Sveučilišta u Rijeci i jačanja znanstvenog potencijala Sveučilišta u znanstvenom polju Matematika.

1.1. Misija Odjela za matematiku

Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci je znanstveno-nastavna sastavnica Sveučilišta koja razvija znanstveni i stručni rad u znanstvenom polju matematika i vodi brigu o razvoju kadrova iz znanstvenog polja matematika na Sveučilištu u Rijeci. Odjel za matematiku organizira i izvodi studije iz svog područja, te sudjeluje u organiziranju i izvedbi studijskih programa na drugim znanstveno-nastavnim sastavnicama Sveučilišta. Odjel za matematiku pridonosi razvoju Sveučilišta i društva težeći nacionalno i međunarodno prepoznatoj izvrsnosti u znanstvenoj i nastavnoj djelatnosti.

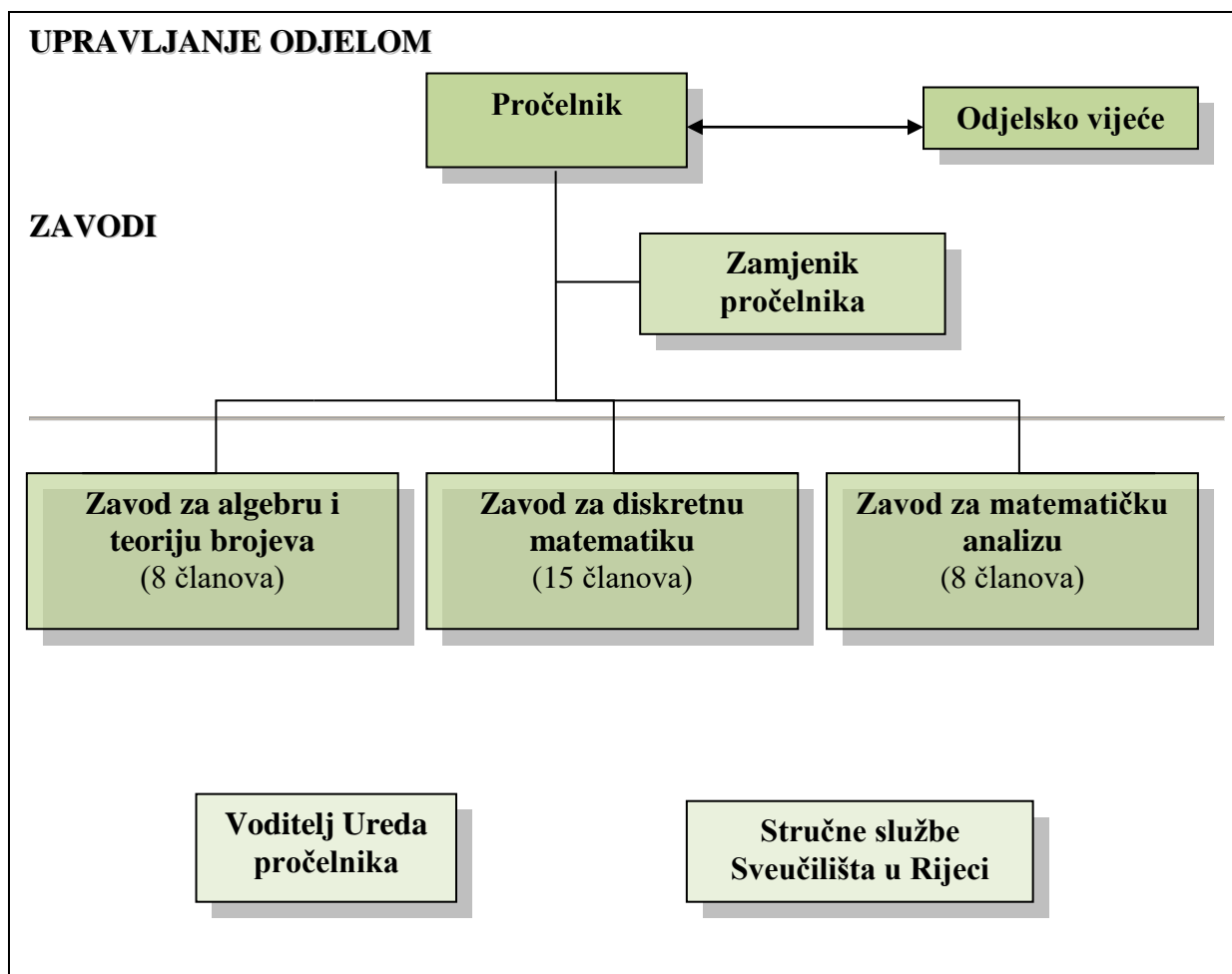
1.2. Vizija Odjela za matematiku

Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci želi se strateški pozicionirati kao međunarodno prepoznata i priznata znanstveno-nastavna institucija i aktivna sastavnica Hrvatskog i Europskog visokoobrazovnog i istraživačkog prostora koja obrazuje međunarodno priznate kvalitetne i kompetentne stručnjake i provodi međunarodno prepoznata znanstvena istraživanja.

1.3. Ustroj Odjela za matematiku

Odjelom upravljaju pročelnik i Odjelsko vijeće. Pročelnik predstavlja i zastupa Odjel, njegov je čelnik i voditelj. Pročelniku u radu pomaže i zamjenjuje ga u njegovoj odsutnosti zamjenik pročelnika Odjela. Odjelsko vijeće donosi odluke o akademskim, znanstvenim i stručnim pitanjima, bira i razrješuje pročelnika i zamjenika pročelnika, te donosi Pravilnik Odjela i ostale pravne akte.

Svi zaposlenici Odjela u znanstveno-nastavnim, nastavnim i suradničkim zvanjima, te svi znanstveni novaci, raspoređeni su u zavode, koji se osnivaju za izvođenje znanstvenog, nastavnog i stručnog rada. Na Odjelu za matematiku Sveučilišta u Rijeci ustrojena su tri zavoda: Zavod za algebru i teoriju brojeva, Zavod za diskretnu matematiku i Zavod za matematičku analizu. Organizacijska je struktura Odjela prikazana na Slici 1.



Slika 1: Organizacijska struktura Odjela

Sastav i opis pojedinih elemenata organizacijske strukture Odjela

Odjelom upravljaju pročelnik, kojemu pomaže zamjenik, te Odjelsko vijeće, na način definiran *Pravilnikom Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci*. Opisi poslova i ovlasti pročelnika i zamjenika detaljno su opisani u člancima 13. i 20. Pravilnika, dok je djelokrug rada Odjelskog vijeća opisan u članku 31.

Ustrojbene jedinice Odjela su zavodi, određeni prvenstveno na temelju povezanosti i srodnosti znanstveno-istraživačkog rada, a u svom sastavu mogu imati katedre i laboratorije. Zavodi kao ustrojbene jedinice Odjela definirani su i njihova djelatnost opisana člancima 3. i 4. *Pravilnika o unutarnjem ustroju i ustroju radnih mjesta Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci*. Zavod predstavlja i njegovim radom rukovodi predstojnik zavoda. Odjel čine tri zavoda prikazana u organizacijskoj shemi na Slici 1. Odluku o osnivanju, ustroju, pripajanju te ukidanju ustrojbenih jedinica Odjela donosi pročelnik Odjela uz suglasnost Odjelskog vijeća.

Poslovi svih zaposlenika Odjela definirani su *Pravilnikom Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci* i *Pravilnikom o unutarnjem ustroju i ustroju radnih mjesta Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci*. Jedna djelatnica Odjela zaposlena je na radnom mjestu voditelja Ureda pročelnika i obavlja širok spektar administrativnih poslova, kako je opisano u prilogu I. *Pravilnika o unutarnjem ustroju i ustroju radnih mjesta Odjela za matematiku*

Sveučilišta u Rijeci. Ostale pravne, kadrovske, financijsko-računovodstvene, informatičke, studentske, knjižnične, tehničke, administrativne i pomoćne poslove, te ostale opće poslove za Odjel obavljaju djelatnici stručnih službi Sveučilišta u Rijeci.

2. Analiza znanstvenog potencijala i položaja Odjela u znanstvenom i poslovnom okruženju

Odjel za matematiku osnovan je odlukom Senata Sveučilišta u Rijeci od 17. prosinca 2007. godine. U srpnju 2008. godine Odjel za matematiku uputio je Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa zahtjev za izdavanje dopusnice za početak obavljanja znanstvene djelatnosti u znanstvenom području prirodnih znanosti, polje matematika, kojemu je bio priložen Program znanstvene djelatnosti Odjela za matematiku u svrhu izdavanja dopusnice za obavljanja znanstvene djelatnosti, kao i prikaz ispunjavanja uvjeta za izbor u znanstvena zvanja djelatnika Odjela. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa 2. listopada 2008. godine izdalo je Odjelu za matematiku Sveučilišta u Rijeci Dopusnicu za početak obavljanja znanstvene djelatnosti u znanstvenom području prirodnih znanosti, polje matematika. Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci upisan je 7. listopada 2008. godine u Upisnik znanstvenih organizacija Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta pod rednim brojem 319.

Početakom 2021. godine na Odjelu je zaposleno šesnaest djelatnika u znanstveno-nastavnim zvanjima i sedam poslijedoktoranada (dva djelatnika zaposlena su na projektima Hrvatske zaklade za znanost).

Djelatnici u znanstveno-nastavnim zvanju iz područja prirodnih znanosti, polje matematika, su:

- dr. sc. Dean Crnković, redoviti profesor u trajnom zvanju,
- dr. sc. Sanja Rukavina, redoviti profesor,
- dr. sc. Bojan Crnković, izvanredni profesor,
- dr. sc. Vedrana Mikulić Crnković, izvanredni profesor,
- dr. sc. Tajana Ban Kirigin, docent,
- dr. sc. Sanda Bujačić Babić, docent,
- dr. sc. Marijana Butorac, docent,
- dr. sc. Davor Dragičević, docent (izabran u znanstveno zvanje višeg znanstvenog suradnika),
- dr. sc. Doris Dumičić Danilović, docent,
- dr. sc. Ana Jursić, docent,
- dr. sc. Danijel Krizmanić, docent (izabran u znanstveno zvanje višeg znanstvenog suradnika),
- dr. sc. Marija Maksimović, docent,
- dr. sc. Ivana Slamić, docent,
- dr. sc. Milena Sošić, docent,
- dr. sc. Andrea Švob, docent (izabrana u znanstveno zvanje višeg znanstvenog suradnika),
- dr. sc. Vera Tonić, docent.

Poslijedoktorandi zaposleni na Odjelu za matematiku su:

- dr. sc. Sara Ban,

- dr. sc. Ana Grbac,
- dr. sc. Daniel Hawtin (poslijedoktorand na HRZZ projektu),
- dr. sc. Nevena Jurčević Peček,
- dr. sc. Nina Mostarac (izabrana u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika),
- dr. sc. Lokesh Singh (poslijedoktorand na HRZZ projektu),
- dr. sc. Marina Šimac (izabrana u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika).

Uz navedene djelatnike, na Odjelu je zaposlen jedan viši predavač, jedan predavač i šestoro asistenata.

Kadrovskim jačanjem putem novih zapošljavanja i napredovanja djelatnika Odjela za matematiku otvarala su se nova područja istraživanja i povećavao broj i kvaliteta znanstvenih radova na Odjelu. Dok je u početku djelovanja Odjela znanstveni rad bio uglavnom baziran na istraživanjima kombinatoričkih dizajna i srodnih kombinatoričkih struktura, matematičku analizu kompozitnih i tankih struktura i unitarne reprezentacije klasičnih grupa i automorfne forme, kasnije se područje istraživanja proširilo na teoriju kodiranja, kriptografiju, teoriju grafova, konačne geometrije, klasičnu teoriju brojeva, teoriju reprezentacija afinih Liejevih algebri, verteks algebri i algebri verteks operatora, topologiju, ergodsku teoriju, teoriju vjerojatnosti i slučajnih procesa, numeričku matematiku te harmonijsku analizu.

Do 2013. godine Odjel za matematiku bio je nositelj jednog znanstvenog projekta financiranog od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. Kadrovsko jačanje Odjela i povećanje znanstvene aktivnosti dovelo je do povećanja broja znanstvenih projekata čiji su voditelji djelatnici Odjela, što je vidljivo iz Tablice 2.1. Nadalje, kadrovsko jačanje Odjela rezultiralo je i povećanjem znanstvene produktivnosti djelatnika Odjela. Podaci o znanstvenim i stručnim publikacijama navedeni su u Tablici 2.2.

Tablica 2.1 Znanstveni projekti u posljednjih 5 godina

Popis znanstvenih projekata
- Kombinatorički objekti i kodovi, HRZZ projekt (voditelj: Dean Crnković), 2019.-2022.
- Operatori pomaka, statistički zakoni i beskonačnodimenzionalni dinamički sustavi, HRZZ projekt (voditelj: Davor Dragičević), 2020.-2023.
- Galoisove geometrije i koherentne konfiguracije, HRZZ projekt (voditelj: Andrea Švob), 2021.-2025.
- Kodovi i s njima povezane kombinatoričke strukture, HRZZ projekt (voditelj: Dean Crnković), 2014.-2018.
- Kodovi, grupe i Kombinatoričke strukture, UNIRI projekt (voditelj: Dean Crnković), 2018.-2021.
- Metode matematičke analize u teorijskoj i primjenjenoj matematici, UNIRI projekt (voditelj: Davor Dragičević), 2019.-2021.
- Stohastičke metode u matematičkoj analizi, UNIRI projekt (voditelj: Danijel Krizmanić), 2019.-2022.

- Dizajni, grafovi i linearni kodovi, UNIRI projekt (voditelj: Sanja Rukavina), 2018.-2021.
- Permutacijske grupe kao dizajni, geometrijski dizajni i konačne geometrije, UNIRI projekt (voditelj: Vedrana Mikulić Crnković), 2018.-2021.
- Neautonomni dinamički sustavi: hiperboličnost i statistička svojstva, UNIRI projekt (voditelj: Davor Dragičević), 2018.-2019.
- Permutacijske grupe kao dizajni, geometrijski dizajni, kodovi i konačne geometrije, UNIRI projekt (voditelj: Vedrana Mikulić Crnković), 2017.-2018.
- Algebarske i analitičke metode u teoriji brojeva, potpora Sveučilišta u Rijeci, (voditelj: Neven Grbac), 2014.-2018.
- Blok dizajni, jako regularni grafovi i srodne kombinatoričke strukture, potpora Sveučilišta u Rijeci, (voditelj: Dean Crnković), 2014.-2018.
- Matematičko i numeričko modeliranje kompresibilnog mikropolarnog fluida, potpora Sveučilišta u Rijeci, (voditelj: Nermina Mujaković), 2014.-2018.
- Kodovi, njihovi konzervatori i pripadne incidencijske strukture (Kode, njihovi ohranjevalci in pripadajoče incidenčne strukture), bilateralni projekt (voditelji: Vedrana Mikulić Crnković, Marko Orel, Univerza na Primorskem, Institut Andrej Marušič, Slovenija), 2020.-2022.
- Dizajni, kodovi, grafovi i kriptografija - interdisciplinarni pristup analizi diskretnih struktura (Načrti, kode, grafi in kriptografija interdisciplinarni pristop v analizi določenih diskretnih struktur), bilateralni projekt, (voditelji: Sanja Rukavina, Enes Pašalić, Univerza na Primorskem, Inštitut Andrej Marušič, Slovenija), 2018-2019.

Tablica 2.2 Bibliografija u posljednjih 5 godina

Vrsta radova	Ukupan broj radova	Broj radova koji su proizašli iz suradnje s drugim visokim učilištima i znanstvenim organizacijama	Omjer: (broj radova/broj nastavnika)/5 godina
Radovi najviše kategorije prema Pravilniku o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja	106	18	1,18
Ostali radovi prema Pravilniku o uvjetima za izbor u znanstvena zvanja	0	0	0
Autorstvo inozemno izdanih knjiga	1	0	0,01
Autorstvo domaćih knjiga	0	0	0

Poglavlja u knjigama	2	1	0,02
Uredništva knjiga	2	0	0,02
Stručni radovi	19	2	0,21
Recenzirani radovi sa znanstvenih i stručnih skupova	10	4	0,11
Ukupan broj citata	522 (Web of Science Core Collection)		
Ukupan h-indeks	13 (Web of Science Core Collection)		

U trenutku osnivanja Odjela za matematiku jedini djelatnici s doktoratom znanosti bila su tri djelatnika u znanstveno-nastavnim zvanjima i jedan viši asistent. Ispravna kadrovska politika i veliki trud svih djelatnika Odjela rezultirali su velikim povećanjem broja doktora znanosti na Odjelu i broja djelatnika u znanstveno-nastavnim zvanjima. Trenutna situacija značajno otežava napredovanje postojećeg kadra i onemogućava zapošljavanje novih znanstvenika. Takvu restriktivnu politiku zapošljavanja i napredovanja smatramo najvećom prijetnjom razvoju Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci, što je izraženo i u SWOT analizi priloženoj u Tablici 2.3. Prednost Odjela je dobna struktura djelatnika, budući da je u trenutku usvajanja ove Strategije prosječna starost izvanrednih profesora i docenata 41,64 godina.

Tablica 2.3 SWOT analiza Odjela za matematiku

<i>Prednosti (unutarnje obilježje)</i>	<i>Nedostaci (unutarnje obilježje)</i>
Većina djelatnika Odjela su mladi znanstvenici. Dobra suradnja s međunarodnom i hrvatskom znanstvenom zajednicom.	Premali broj djelatnika u znanstveno-nastavnim i suradničkim zvanjima.
<i>Mogućnosti (kao posljedica vanjskih utjecaja)</i>	<i>Prijetnje (kao posljedica vanjskih utjecaja)</i>
Nova zgrada s dobrim uvjetima za rad. Položaj na Kampusu (mogućnost suradnje s drugim sastavnicama Sveučilišta).	Nemogućnost zapošljavanja novih nastavnika i suradnika i otežano napredovanje postojećih djelatnika. Ovaj problem dodatno je pogoršala financijska kriza uzrokovana pandemijom bolesti COVID-19.

3. Strateški ciljevi Odjela

Strateški ciljevi Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci temelje se na Strategiji Sveučilišta u Rijeci 2021.-2025., koja je usvojena na 52. sjednici Senata Sveučilišta u Rijeci održanoj 2. ožujka 2021. godine, a koju je Odjelsko vijeće Odjela za matematiku na svojoj 37. sjednici održanoj 17. ožujka 2021. godine prihvatilo kao strateški dokument Odjela.

Strategijom Sveučilišta u Rijeci 2021.-2025. utvrđeni su ciljevi razvoja za navedeno razdoblje u sljedećim područjima:

- I. u učenju i poučavanju,
- II. u istraživanju,
- III. u regionalnoj uključenosti,
- IV. u internacionalizaciji.

Ciljevi u području istraživanja određeni Strategijom Sveučilišta u Rijeci 2021.-2025. su:

- povećati znanstvenu produkciju (pokazatelj: broj radova po znanstveniku),
- povećati znanstveni utjecaj (pokazatelj: udio Q₁ i Exc radova),
- privlačiti financiranje istraživanja (pokazatelj: udio prihoda od istraživanja),
- osnažiti doktorsku edukaciju (pokazatelj: broj obranjenih doktorata),
- privlačiti poslijedoktorande (pokazatelj: broj poslijedoktorskih pozicija).

4. Očekivani ishodi Strateškoga programa znanstvenih istraživanja

Očekivani ishod Strateškog programa znanstvenih istraživanja je, prije svega, realizacija strateških ciljeva u području znanstvenih istraživanja.

Očekujemo da će, po realizaciji ovog programa, u području istraživanja biti dostignute sljedeće ciljne vrijednosti:

- objavljivanje prosječno 1,5 rada po istraživaču godišnje,
- 50% radova objavljenih u znanstvenim časopisima kategoriziranim kao Q₁, 20% radova u znanstvenim časopisima kategoriziranim kao Exc (prema bazama Scopus ili SCIE),
- 10% proračuna Odjela ostvareno nacionalnim i internacionalnim kompetitivnim istraživačkim projektima, 20.000 kn iz kompetitivnih nacionalnih i internacionalnih projekata po znanstvenom radu,
- 2 obranjena doktorata godišnje u kojima je doktorand ili mentor zaposlenik Odjela.
- 3 poslijedoktoranda koji se financiraju iz kompetitivnih ili drugih projekata te kroz vlastita sredstva.

5. Znanstvene teme koje Odjel namjerava istraživati s programom rada i posebnim ciljevima za svaku temu

Navodimo znanstvene teme koje se na Odjelu za matematiku planiraju istraživati u periodu od 2021. do 2025. godine.

5.1 Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za algebru i teoriju brojeva

Na Zavodu za algebru i teoriju brojeva istraživat će se sljedeće teme.

5.1.1 Glavni potporstori za afine Liejeve algebre.

Glavni potprostori standardnih modula, tj. integrabilnih modula najveće težine za afine Liejeve algebre, koje su uveli B. L. Feigin i A. V. Stoyanovsky, predstavljaju istaknut primjer veze između kombinatorike i algebre. Specijalno, njihove kvazičestične baze daju interpretaciju suma u različitim identitetima Rogers-Ramanujanovog tipa.

U našem ranijem istraživanju u tom području konstruirane su kvazičestične baze glavnih potprostora određenih standardnih modula za afine Liejeve algebre tipa B, C, F i G, a u suradnji sa S. Kožićem (Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu) konstruirane su kvazičestične baze glavnih potprostora određenih standardnih modula za afine Liejeve algebre tipa D, E i F. Zajedno sa S. Kožićem i M. Primcem (Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu), konstruirali smo kvazičestične baze parafermionskih prostora, koji predstavljaju građevne blokove za parafermionske konformne teorije polja. Jedno izvanredno svojstvo ovih prostora jest njihova veza sa sumama u određenim identitetima Rogers-Ramanujanovog tipa, koja potječe od radova J. Lepowskog i Primca.

Konstrukcija kombinatornih baza parafermionskih prostora oslanja se na konstrukciju kvazičestičnih baza za pripadne glavne potprostore standardnih modula. Motivirani tom činjenicom, u sklopu projekta Algebre kvantnih struja i njihova teorija reprezentacija (voditelj: Slaven Kožić, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu) planiramo upotrijebiti konstrukcije kvazičestičnih baza glavnih potprostora standardnih modula za afine Liejeve algebre drugih tipova, kako bismo generalizirali ranije rezultate na druge tipove zakrenutih afinih Liejevih algebri. Takav rezultat je zanimljiv jer nove formule karaktera bi mogle dovesti do novih kombinatornih identiteta.

5.1.2 Istraživanje polinomnih varijanti Diofantova problema

U suradnji s Alanom Filipinom (Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) istražiti će se postoji li skup od četiri polinoma s cjelobrojnim koeficijentima, koji nisu svi konstantni, takva da je umnožak bilo koja dva od njih za 3 veći od kvadrata polinoma s cjelobrojnim koeficijentima. Ukoliko se pokaže da takav polinom ne postoji, time će u potpunosti biti dokazana polinomna varijanta Dujelline slutnje da za n iz skupa $\{-4, -3, -1, 3, 5, 8, 12, 20\}$ ne postoji cjelobrojna $D(n)$ -čtvorka.

Drugo istraživanje, u suradnji sa Zrinkom Franušić (Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu), temelji se na ideji da se pokuša dokazati slutnju da $D(n)$ -čtvorka postoji u (nekom) prstenu polinoma ako i samo ako se n može prikazati kao razlika

два kvadrata (polinoma), do na eventualno konačno mnogo izuzetaka. Radi se o generalizaciji tvrdnje koja je dokazana u prstenima cijelih nekih brojevnih polja (na primjer kvadratnih polja).

U suradnji s Marijom Bliznac Trebješanin (Odjel za matematiku, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu) promatraju se polinomijalne Diofantove četvorke $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ sa svojstvom $D(4)$, gdje su $a_1, \dots, a_4 \in \mathbb{Z}[i][X]$ i gdje svojstvo $D(4)$ podrazumijeva da umnožak bilo koja dva elementa Diofantove četvorke uvećan za 4 rezultira kvadratom nekog elementa iz $\mathbb{Z}[i][X]$. Cilj suradnje je dokazati da je svaka Diofantova četvorka u $\mathbb{Z}[i][X]$ sa svojstvom $D(4)$ regularna te odrediti gornju granicu m za broj elemenata takvog skupa. Suradnja se u budućnosti planira proširiti i na promatranje opisanog polinomijalnog problema u skupu realnih brojeva \mathbf{R} i u skupu kompleksnih brojeva \mathbf{C} s obzirom da se radi o još neistraženom području, a istraživanje iziskuje kreiranje novih metoda i vjeruje se da će rezultirati izrazito zanimljivim, novim saznanjima.

5.1.3 Istraživanja u području teorije dimenzije

Tema ovog istraživanja su određeni tipovi teorije dimenzije u topologiji i geometriji, koji se oslanjaju i na algebarska svojstva: dimenzija pokrivanja i kohomološka dimenzija (modulo abelova grupa), te asimptotička dimenzija, vezana za metričku geometriju i primjenjiva u geometrijskoj teoriji grupa i njenim poopćenjima.

Vezano za dimenziju pokrivanja i kohomološku dimenziju, u suradnji s profesorom Leonardom Rubinom sa University of Oklahoma, radit će se na problemu pojednostavljanja i ujedinjavanja dokaza rezolucionih teorema. Rezolucioni teoremi u teoriji dimenzije počinju od kompaktnog metrizabilnog prostora s omeđenom kohomološkom dimenzijom obzirom na određenu abelovu grupu (npr. \mathbb{Z} , \mathbb{Z}/p , \mathbb{Q}), čija dimenzija pokrivanja može biti beskonačna, te uzimaju takav prostor kao kodomenu, a cilj im je proizvesti surjektivno neprekidno preslikavanje koje počinje novim prostorom koji je kompaktan, metrizabilan i s omeđenom dimenzijom pokrivanja, a završava u starom. Ovi teoremi u dokazima koriste komplicirane geometrijske konstrukcije, takozvane Edwards-Walshveve komplekse, a ideja ovog projekta je ujediniti i pojednostaviti dokaze tih teorema time da se korištenje Edwards-Walshvevih kompleksa zamijeni upotrebom prebrojivog niza inverznih nizova kompaktnih poliedara, s pažljivo odabranim veznim preslikavanjima.

Vezano za asimptotičku dimenziju, u sklopu zajedničkog projekta s Tobiasom Hatnickom s KIT, Karlsruhe i Matthewom Cordesom s ETH, Zurich, radi se na poopćavanju rezultata iz teorije asimptotičke dimenzije na geometrijsku teoriju aproksimativnih grupa. Naime, primjena asimptotičke dimenzije u geometrijskoj teoriji grupa već je dobro poznata, a geometrijska teorija aproksimativnih grupa je relativno nova generalizacija geometrijske teorije grupa. Ranije su postignuti uspjesi u poopćavanju teorema koji povezuje asimptotičku dimenziju hiperboličke grupe s dimenzijom njenog Gromovljevog ruba na hiperboličke aproksimativne grupe, nadalje se planira proučavanje dimenzionih svojstava drugih vrsta rubova za aproksimativne grupe, te veze dimenzije takvih rubova s asimptotičkom dimenzijom same aproksimativne grupe. Također se planira istraživati moguća poopćenja klasičnih teorema iz teorije asimptotičke dimenzije na aproksimativne grupe i njihove geometrijske predstavnike.

5.1.4 Razvoj računalnih metoda u obradi prirodnog jezika

U sklopu ove teme istraživat će se modeliranje i analiza prirodnih jezika interdisciplinarnim pristupom temeljenim na elementima teorije grafova, matematičke logike te računalne i kognitivne lingvistike. Rad na ovoj znanstvenoj temi započeo je u sklopu projekta

potpore istraživanjima Sveučilišta u Rijeci Jezično izražavanje emocija: Računalni resusi, metode identifikacije i ontološko modeliranje komunikacije psiholoških stanja (EmoCNet), čiji je voditelj doc. dr. sc. Benedikt Perak (Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci) kao i projekta Hrvatske zaklade za znanost Formalno rasuđivanje i semantike (FORMALS) čiji je voditelj Tin Perkov (Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).

Polazeći od sintaktičko-semantičkih relacija, mrežnim modelima i algoritmima računalne analize razvijaju se metode koje imaju potencijal za razne lingvističke aplikacije (prepoznavanje semantičke sličnosti, razlučivanja višeznačnosti, strukturiranje značenja, analiza sentimenta, analogije, metaforičnost), kao i za komparativne korpusne i međukulturne studije.

5.1.5 Modeli za verifikaciju cyber-physical sustava

Cyber-physical sustavi, uključujući modele automatiziranih tehnoloških sustava kao što su sustavi industije 4.0, osim računalnih komponenti obuhvaćaju i elemente fizičke okoline kao što su udaljenosti, vrijeme i resursi. Stoga tradicionalni modeli za specifikaciju sigurnosnih protokola i modeli napadača nisu prikladni za analizu cyber-physical sustava i pripadnih sigurnosnih zahtjeva.

U suradnji s timom prof. Andre Scedrova s University of Pennsylvania, USA, razvijat će se prikladni formalni modeli za specifikaciju i verifikaciju sigurnosnih svojstava ovih sustava kao i prikladni modeli napadača. Proučavat će se i računska složenost pripadnih problema, npr. problema dostižnosti, te načini formalizacije sustava za koje bi se postigla što povoljnija složenost, no istovremeno ne umanjivši izražajnost sustava. Razmatrat će se i mogućnost implementacije formalnog modela u odabranom sustavu za automatsku verifikaciju.

5.2 Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za diskretnu matematiku

Članovi Zavoda za diskretnu matematiku svoja istraživanja provode na sljedeća dva projekta Hrvatske zaklade za znanost:

- Kombinatorički objekti i kodovi (voditelj: Dean Crnković),
- Galoisove geometrije i koherentne konfiguracije (voditelj: Andrea Švob),

te će se znanstveni rad djelatnika Zavoda u narednom razdoblju većinom će se odvijati u okviru ta dva znanstvena projekta.

U sklopu tih dvaju projekata istraživanja se okvirno mogu podijeliti na sljedeće teme:

- Istraživanja u području teorije dizajna,
- Istraživanja u području teorije grafova,
- Istraživanja u području teorije kodiranja,
- istraživanja u području konačnih geometrija.

Članovi Zavoda također su članovi sljedećih projektata Sveučilišta u Rijeci:

- Kodovi, grupe i kombinatoričke strukture (voditelj: Dean Crnković),
- Dizajni, grafovi i linearni kodovi (voditelj: Sanja Rukavina),
- Permutacijske grupe kao dizajni, geometrijski dizajni i konačne geometrije (voditelj: Vedrana Mikulić Crnković)

te bilateralnog projekta

- Kodovi, njihovi konzervatori i pripadne incidencijske strukture (Kode, njihovi ohranjevalci in pripadajoče incidenčne strukture), voditelji: Vedrana Mikulić Crnković Sveučilište u Rijeci, Odjel za matematiku; Marko Orel Univerza na Primorskem, Institut Andrej Marušič.

5.2.1 Istraživanja u području teorije dizajna

Članovi Zavoda do sada su se bavili razvojem različitih metoda konstrukcija dizajna te konstrukcijama dizajna: konstrukcija dizajna iz orbitnih matrica uz pretpostavljeno djelovanje neke grupe na dizajn, konstrukcija dizajna iz grupa, konstrukcija dizajna iz kodova (npr. iz skupa riječi koda određene težine), konstrukcija Hadamardovih matrica i komplementarnih nizova, konstrukcijom dizajna nepotpunom potragom, itd.

Članovi Zavoda nastavit će se baviti konstrukcijama dizajna. Posebno, nastavit će se razvoj algoritama za konstrukciju dizajna i srodnih struktura iz orbitnih matrica uz pretpostavljeno djelovanje rješivih grupa te razvoj algoritama konstrukcije tranzitivnih i netranzitivnih dizajna. Nastavit će se i istraživanja s ciljem konstrukcije Hadamardovih matrica i komplementarnih nizova. Također će se istražiti mogućnost konstrukcije kombinatoričkih dizajna primjenom koherentnih konfiguracija.

U narednom razdoblju, članovi Zavoda također će se baviti konstrukcijom dizajna nad konačnim poljima. Nadalje, istraživat će se metode konstrukcije dizajna primjenom heurističkih metoda. Također će se raditi na konstrukciji dizajna iz kodova. Svi će se konstruirani dizajni detaljno analizirati i usporediti s poznatim dizajnima.

5.2.2 Istraživanja u području teorije grafova

Slično kao i u području teorije dizajna, do sada su članovi Zavoda razvijali metode konstrukcije grafova, posebno jako regularnih grafova, iz orbitnih matrica i konačnih grupa. U planu je nastavak i daljnja generalizacija tih istraživanja: konstrukcija jako regularnih grafova iz orbitnih matrica, poopćenje metode konstrukcije regularnih grafova iz konačnih grupa te povezivanje te metode s konstrukcijama jako regularnih grafova iz orbitnih matrica. Nadalje, planira se razvoj metode konstrukcije regularnih grafova iz skupova riječi određene težine u kodovima.

Osim navedenih konstrukcija koje za cilj imaju konstrukciju distancijsko regularnih grafova, razvijat će se metode konstrukcija grafova s drugačijim svojstvima, kao što su djeljivi dizajni grafovi ili usmjereni grafovi. Proučit će se i mogućnost konstrukcije jako regularnih grafova primjenom heurističkih metoda. Također će se proučavati konstrukcije distancijsko regularnih grafova pomoću asocijacijskih shema, koje su posebna vrsta koherentnih konfiguracija. Svi će se konstruirani grafovi detaljno analizirati i usporediti s od prije poznatim grafovima.

5.2.3 Istraživanja u području teorije kodiranja

Do sada su se članovi Zavoda bavili istraživanjima linearnih kodova razapetih matricama incidencije dizajna ili matricama susjedstva grafova, posebno jako regularnih grafova. Nadalje, razvijene su metode konstrukcije linearnih kodova iz podmatrica orbitnih matrica dizajna i grafova.

U narednom periodu planira se nastavak tih istraživanja kao i proširenje istraživanja na kodove iz matrica nekih drugih incidencijskih struktura, npr. iz djeljivih dizajn grafova, Hadamardovih matrica, usmjerenih grafova i sl. Nadalje, planira se proširenje istraživanja na

kvantne kodove i mrežne kodove koji imaju široku primjenu. Svi će se konstruirani kodovi detaljno analizirati i usporediti s poznatim kodovima.

5.2.4 Istraživanja u području konačnih geometrija

Proučavat će se konstrukcije kombinatoričkih struktura temeljene na konačnim geometrijama. Razvijat će se metode konstrukcija kombinatoričkih struktura koje su povezane s konačnim geometrijama te će se na taj način proučavati kombinatoričke strukture, ali s geometrijskog stajališta. Pri tom će se koristiti geometrijski objekti poput intriguing skupova koje će se povezati s kombinatoričkim strukturama. Također, koristit će se Galoisove geometrije i metode koje se koriste u geometrijama da bi pomoću njih karakterizirali i klasificirali posebne familije kodova poput potpuno regularnih i tranzitivnih kodova. Klasificirat će se potpuno tranzitivni i regularni kodovi u nekim geometrijskim objektima poput generaliziranih četverokuta.

Članovi Zavoda za diskretnu matematiku nastaviti će suradnju s inozemnim matematičarima, posebno s prof. Hadijem Kharaghanijem (Lethbridge University, Kanada), prof. Bernardom Rodriguesom (University of KwaZulu-Natal, Durban, Južna Afrika) i prof. Vladimirom Tonchevom (Michigan Technological University, SAD). Također će se nastaviti i produbiti suradnja s prof. Leom Stormeom (Ghent University, Belgija) i njegovim suradnicima, posebno u proučavanju konačnih geometrija.

5.3 Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za matematičku analizu

U proteklom periodu od 2014. do 2020. godine članovi Zavoda za matematičku analizu publicirali su preko 50 znanstvenih radova u vodećim matematičkim časopisima. Član Zavoda doc.dr.sc. Davor Dragičević je za svoj znanstveni rad nagrađen Državnom nagradom za znanost za 2017. godinu u kategoriji godišnjih nagrada za znanstvene novake iz područja prirodnih znanosti kao i godišnjom nagradom Zaklade Sveučilišta u Rijeci u kategoriji znanstvenik za područje prirodnih znanosti u 2018. godini. Članovi Zavoda za matematičku analizu su u razdoblju od 2014. do 2020. godine aktivno sudjelovali u realizaciji više znanstvenih projekata financiranih od strane Hrvatske zaklade za znanost te Sveučilišta u Rijeci. Nadalje, participirali su i u radu nekoliko inozemnih projekata. Trenutno članovi Zavoda su ujedno i članovi sljedećih projekata:

- Operatori pomaka, statistički zakoni i beskonačno-dimenzionalni dinamički sustavi (voditelj: D. Dragičević, suradnici: B. Crnković, D. Krizmanić) financiranog od Hrvatske zaklade za znanost;
- Metode matematičke analize u teorijskoj i primijenjenoj matematici (voditelj: D. Dragičević, suradnici: B. Crnković, D. Krizmanić, I. Slamić, M. Sošić) financiranog od Sveučilišta u Rijeci;
- Stohastičke metode u matematičkoj analizi (voditelj: D. Krizmanić, suradnik: D. Dragičević) financiranog od Sveučilišta u Rijeci.

Teme znanstvenih istraživanja u navedenom periodu uključivala su:

- funkcionalne granične teoreme za slučajne procese;
- kvalitativna i kvantitativna svojstva neautonomnih i slučajnih (neuniformno) hiperboličnih dinamičkih sustava;

- karakterizacije raznih vrsta linearne nezavisnosti na nivou apstraktne harmonijske analize;
- razvoj novih algoritama za upravljanje dinamičkim sustavima;
- inicijalno-rubne probleme vezane uz modeliranje mikropolarnog kompresibilnog fluida;
- izračunavanje bazičnih konstanti u potprostorima quonske algebre.

U narednom periodu od 2021. do 2025. godine članovi Zavoda baviti će se problemima koji su usko povezani s gore navedenim prethodnim istraživanjima. Također, planirano je i da se otvore neki novi smjerovi istraživanja.

5.3.1 Kvalitativna svojstva neautonomnih dinamičkih sustava

Ovaj smjer istraživanja nastavlja se na dosadašnje znanstveno istraživanje D. Dragičevića čiji je glavni cilj traganje za optimalnim karakterizacijama (neuniformne) hiperboličnosti raznih klasa neautonomnih dinamičkih sustava. Poseban naglasak će kao i u prethodnom razdoblju biti na karakterizacijama u terminima tzv. svojstva dopustivosti. D. Dragičević je već ostvario niz zapaženih rezultata u ovome smjeru koji su publicirani u vodećim časopisima te opisani u knjizi *Admissibility and Hyperbolicity* čiji je D. Dragičević suautor te koja je publicirana 2018. godine u izdanju ugledne nakladničke kuće Springer.

U narednom periodu planiramo dobiti nove karakterizacije (neuniformne) hiperboličnosti u terminima dopustivosti obzirom na parove Banachovih prostora koji (za razliku od prethodnih rezultata) neće biti konstruirani u terminima tzv. Lyapunovih normi. Važnost ovog smjera istraživanja proizlazi iz činjenice da je iznimno teško konstruirati Lyapunove norme a priori tj. bez ikakvog poznavanja asimptotskog ponašanja dinamičkog sustava. Da bi se dobile takve karakterizacije, biti će neophodno kombinirati klasične alate i tehnike dopustivosti s metodama ergodske teorije.

Dobiveni rezultati planiraju se primijeniti na probleme stabilnosti neuniformnog ponašanja pod malim linearnim perturbacijama.

Osim navedenog smjera istraživanja, planiramo se baviti i problemima vezanim uz linearizaciju raznih klasa (ne)autonomnih dinamičkih sustava. D. Dragičević je već publicirao niz radova u ovom području među kojima su najistaknutiji recentni radovi sa Weinianom i Wenmengom Zhangom koji su bave glatkom linearizacijom neautonomnih dinamičkih sustava. U narednom periodu planiramo dobiti nove rezultate u ovome smjeru na način da probamo oslabiti postojeće pretpostavke o asimptotskom ponašanju linearnog dijela nelinearnog sustava. Također, planiramo proučavati situacije kada linearni dio nije nužno invertibilan.

5.3.2 Kvantitativna svojstva slučajnih dinamičkih sustava

U prethodnom periodu D. Dragičević je ostvario niz zapaženih doprinosa vezanih uz statistička svojstva slučajnih dinamičkih sustava. Posebno ističemo prvu verziju lokalnog centralnog graničnog teorema u ovome kontekstu. U narednom periodu planiramo i dalje proučavati granične zakone za slučajne dinamičke sustave.

U tom smjeru namjeravamo dokazati svojstvo gotovo sigurnog principa invarijantnosti za hiperbolične dinamičke sustave. Također, planiramo pokušati proširiti spektralnu metodu na slučajne sustave s neuniformnim svojstvom dekorelacije i pomoću toga dokazati nove granične teoreme za šire klase slučajne dinamike.

Naposljetku, planiramo razviti i teoriju linearnog odaziva (eng. linear response) za hiperbolične slučajne dinamičke sustave.

5.3.3 Istraživanje funkcionalne konvergencije slučajnih procesa

Ovo istraživanje nastavlja se na dosadašnje znanstveno istraživanje D. Krizmanića u području funkcionalne konvergencije slučajnih procesa parcijalnih suma i maksimuma za slabo zavisne i regularno varirajuće vremenske nizove u prostoru $càdlàg$ funkcija sa Skorohodovim J1, M1 i M2 topologijama. Navedeno istraživanje rezultiralo je s 12 članaka objavljenih u časopisima iz područja teorije vjerojatnosti, od kojih su svi indeksirani u bazi SCIE (WoS). Od ovih članaka ističe se prvi, nastao u suradnji s Bojanom Basrakom sa Sveučilišta u Zagrebu i Johanom Segersom s Katoličkog sveučilišta u Louvainu, objavljen 2012. godine u najprestižnijem časopisu za područje teorije vjerojatnosti *The Annals of Probability*.

U znanstvenom istraživanju u narednom razdoblju planiraju se proučiti slučajni procesi parcijalnih suma linearnih procesa uz uvjet slabe zavisnosti na inovacije, pri čemu je cilj dobivanje funkcionalne konvergencije ovih procesa u prostoru $càdlàg$ funkcija s pogodno odabranom Skorohodovom topologijom. U tu svrhu koristit će se Hausdorffova metrika na prostoru upotpunjenih grafova $càdlàg$ funkcija, te teorem o neprekidnom preslikavanju. Osim parcijalnih suma linearnih procesa proučit će se i parcijalni maksimumi takvih procesa, te zajednička konvergencija parcijalnih suma i maksimuma. Nadalje, koristeći teoriju regularne varijacije i Skorohodove metrike planira se istražiti funkcionalna konvergencija parcijalnih suma i maksimuma za određene vrste slučajnih polja.

5.3.4 Istraživanja u području harmonijske analize

Mnogi važni sustavi u harmonijskoj analizi mogu se shvatiti kao sustavi generirani unitarnim reprezentacijama lokalno kompaktnih (abelovih ili nekomutativnih) grupa. U tom kontekstu, različita svojstva takvih sustava te invarijantnih prostora koje ti sustavi generiraju intenzivno su proučavana posljednjih dvadesetak godina. Znanstveni rad Ivane Slamić u narednom razdoblju (od 2021.-2025. g.) bit će usmjeren na rješavanje različitih pitanja koja se javljaju u tom kontekstu. To uključuje, primjerice, pitanja vezana uz maksimalne cikličke potprostore (suradnja s prof.dr.sc. H.Šikićem (PMF, Zagreb)), problem karakterizacije različitih vrsta linearne nezavisnosti (istraživanje započeto tijekom doktorskog studija, nastavljeno u prethodnom razdoblju) te drugih pojmova iz teorije Banachovih i Hilbertovih prostora. Od posebnog interesa u ovim pitanjima su one reprezentacije koje imaju svojstvo tzv. dualne integrabilnosti. Osim u smislu podjele na svojstva potprostora te svojstva orbita, istraživanje možemo podijeliti i na rad na nivou abelovih te rad na nivou nekomutativnih grupa. U prvom slučaju, istraživanje će biti usmjereno na rješavanje nekih novih pitanja vezanih uz svojstva potprostora i orbita, ali i različitih otvorenih pitanja, od kojih su neka intenzivno proučavana u prethodnom razdoblju. Rad na nivou nekomutativnih grupa bit će usmjeren na proširenje poznatih rezultata, ali i na razvoj teorije u općenitijim kontekstima koji do sada nisu bili razmatrani. U narednom razdoblju, plan je objaviti 5-7 znanstvenih radova te rezultate istraživanja prezentirati na 7-8 međunarodnih znanstvenih skupova.

5.3.5 Numerička aproksimacija rješenja parcijalnih diferencijalnih jednadžbi s primjenama

Glavni ciljevi istraživanja u sklopu ove teme su nove numeričke metode za rješavanje parcijalnih diferencijalnih jednadžbi te primjena tih jednadžbi da kako bi se opisalo i rješavalo mnoge probleme koji se pojavljuju u inženjerstvu i fizici. Tip i svojstva aproksimacije ovise o područjima primjene. U idućem razdoblju planiramo primjenjivati parabolčke jednadžbe i

hiperboličke zakone očuvanja u modeliranju procesa pretraživanja i istraživanja prostora pomoću autonomnih vozila. Ovo je sastavni dio proučavanja i istraživanja kontrole dinamičkih sustava.

Posebni naglasak će se posvetiti primjeni frakcijskih parcijalnih diferencijalnih jednačini kod opisa anomalne difuzije i primjeni na pretraživanje prostora i obradi digitalnih fotografija. Za ove potrebe biti će potrebno razviti i nove splajнове za aproksimaciju funkcija koje imaju prekide u derivacijama.

5.3.6 Istraživanja u području diferencijalne geometrije

U sljedećem periodu planira se izučavanje polu-generaliziranih aranžmana hiperravnina u n -dimenzionalnom afinom prostoru, dijagonalne forme Varchenkove matrice aranžmana hiperravnina, Shijev aranžman hiperravnina i pletenični aranžman hiperravnina. Nadalje, proučavati će se Smithova normalna forma Varchenkove matrice s posebnim naglaskom na Smith normalnu formu pleteničnog aranžmana hiperravnina i Smithovu normalnu formu Varchenkove matrice orijentiranog pleteničnog aranžmana hiperravnina. U idućem razdoblju planira se publicirati barem tri znanstvena rada posvećena gore navedenim temama.

6. Plan organizacijskog razvoja Odjela

Na Odjelu za matematiku ustrojene su tri organizacijske jedinice:

- Zavod za algebru i teoriju brojeva,
- Zavod za diskretnu matematiku,
- Zavod za matematičku analizu.

Kadrovskim jačanjem Odjela stvorena je mogućnost i potreba za osnivanjem manjih ustrojbenih jedinica unutar zavoda. Stoga je u bliskoj budućnosti u planu ustrojavanje katedri kao ustrojbenih jedinica zavoda, kako slijedi:

Na Zavodu za algebru i teoriju brojeva:

- Katedra za algebru
- Katedra za teoriju brojeva

Na Zavodu za diskretnu matematiku:

- Katedra za kombinatoriku
- Katedra za teoriju kodiranja

Na Zavodu za matematičku analizu:

- Katedra za matematičku analizu
- Katedra za primijenjenu matematiku

U prostorima Odjela za matematiku opremljena su dva laboratorija: Laboratorij za diskretnu matematiku i Laboratorij za primijenjenu matematiku. U prostorima tih laboratorija provode se znanstvena istraživanja djelatnika Odjela, uglavnom iz diskretne matematike i numeričke matematike. Na temelju aktivnosti u tim prostorima vezanih za korištenje i održavanje opreme uočena je potreba za formalno ustrojavanje sljedećih laboratorija kao organizacijskih jedinica Odjela:

- Laboratorij za diskretnu matematiku,
- Laboratorij za primijenjenu matematiku.

7. Pokazatelji uspješnosti provedbe Strateškoga programa znanstvenih istraživanja

Uspješnost provedbe Strateškog programa znanstvenih istraživanja pratit će se putem sljedećih pokazatelja u području istraživanja:

- broj objavljenih znanstvenih radova po znanstveniku,
- udio Q₁ i Exc radova (prema bazama Scopus ili SCIE),
- udio prihoda Odjela ostvaren nacionalnim i internacionalnim kompetitivnim istraživačkim projektima,
- broj obranjenih doktorata u kojima je doktorand ili mentor zaposlenik Odjela,
- broj poslijedoktorskih pozicija koje se financiraju iz kompetitivnih ili drugih projekata te kroz vlastita sredstva.