

ODJEL ZA MATEMATIKU
SVEUČILIŠTE U RIJECI

Strateški program znanstvenih istraživanja
Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci
2014. – 2020.

Rijeka, prosinac 2014.

SADRŽAJ

1. Svrha osnivanja i rada Odjela.....	3
1.1. Misija Odjela za matematiku	3
1.2. Vizija Odjela za matematiku.....	3
1.3. Ustroj Odjela za matematiku.....	3
2. Analiza znanstvenog potencijala i položaja Odjela u znanstvenom i poslovnom okruženju	5
3. Strateški ciljevi Odjela	8
4. Očekivani ishodi Strateškoga programa znanstvenih istraživanja	9
5. Znanstvene teme koje Odjel namjerava istraživati s programom rada i posebnim ciljevima za svaku temu.....	9
5.1 Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za algebru i teoriju brojeva	9
5.2 Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za diskretnu matematiku.....	15
5.3 Znanstvene teme koje će se istraživati na Zavodu za matematičku analizu.....	17
6. Plan organizacijskog razvoja Odjela.....	20
7. Pokazatelji uspješnosti provedbe Strateškoga programa znanstvenih istraživanja	21

1. SVRHA OSNIVANJA I RADA ODJELA

Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci osnovan je travnju 2008. godine, na temelju Odluke 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 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.

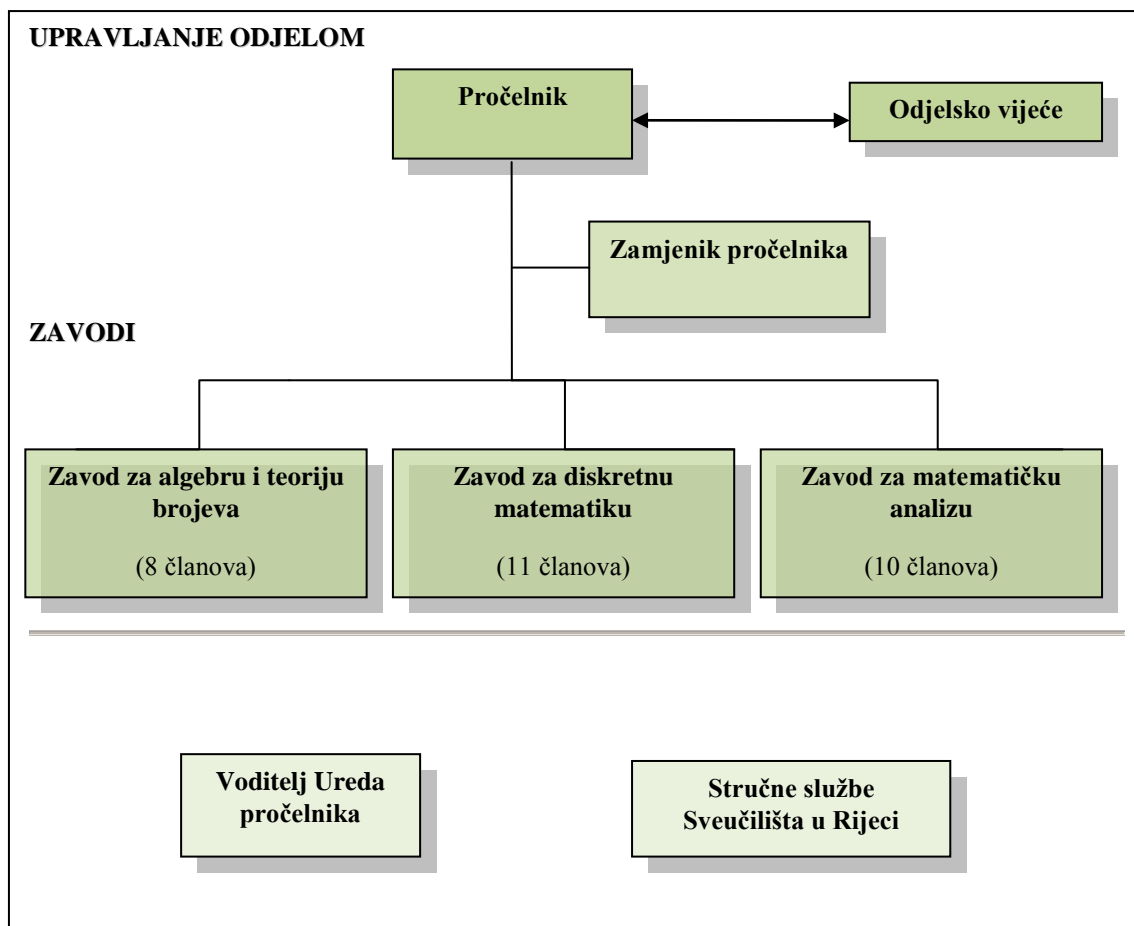
1.2. VIZIJA ODJELA ZA MATEMATIKU

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 trenutno postoje tri zavoda: Zavod za algebru i teoriju brojeva, Zavod za diskretnu matematiku, 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 29.

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*. Za pravne, kadrovske, financijsko-računovodstvene, informatičke, studentske, knjižnične, tehničke, administrativne i pomoćne poslove, te ostale opće poslove koriste se stručno-administrativne ustrojbene jedinice (stručne službe) Sveučilišta u Rijeci. Jedna djelatnica Odjela zaposlena je na radnom mjestu voditelja Ureda pročelnika, kako je opisano u prilogu I. *Pravilnika o unutarnjem ustroju i ustroju radnih mjesta Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci*.

2. ANALIZA ZNANSTVENOG POTENCIJALA I POLOŽAJA ODJELA U ZNANSTVENOM I POSLOVNOM OKRUŽENJU

Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci formiran je na način da se bivši Odsjek za matematiku Filozofskog fakulteta u Rijeci izdvojio iz Fakulteta, odnosno djelatnici Odsjeka za matematiku Filozofskog fakulteta u Rijeci s radnim odnosom su prešli na Odjel za matematiku Sveučilišta u Rijeci. Prilikom formiranja Odjela za matematiku bilo je planirano da će svi nastavnici, znanstvenici i suradnici Sveučilišta iz znanstvenog polja matematika s punim radnim odnosom, ili barem s dijelom radnog odnosa, prijeći na Odjel. Za sada je, osim što su svi matematičari s Filozofskog fakulteta u Rijeci s radnim odnosom prešli na Odjel za matematiku, Odjel dobio dva radna mjesta na kojima su prethodno bili zaposleni matematičari na Građevinskom fakultetu u Rijeci i jedno radno mjesto namijenjeno za održavanje nastave na Tehničkom fakultetu u Rijeci. Dobivanjem tih radnih mjesta Odjel je dobio i obvezu izvođenja odgovarajućeg broja norma sati nastave na navedenim sastavnicama Sveučilišta u Rijeci. Budući da još uvijek veći broj matematičara radi na fakultetima Sveučilišta u Rijeci, integracija Sveučilišta u tom aspektu još nije dovršena.

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 0319.

U trenutku osnivanja, na Odjelu su bila zaposlena tri djelatnika u znanstveno-nastavnom zvanju i jedan viši asistent. Od svog osnivanja do danas Odjel za matematiku je znatno kadrovski ojačao, pa je u ovom trenutku na odjelu zaposleno osam djelatnika u znanstveno-nastavnim zvanjima, jedan strani znanstvenik (putem NEWFELPRO projekta) i osam viših asistenata. Djelatnici u znanstveno-nastavnim zvanju iz područja prirodnih znanosti, polje matematika, su:

- dr. sc. Dean Crnković, redoviti profesor u trajnom zvanju,
- dr. sc. Neven Grbac, izvanredni profesor,
- dr. sc. Nermina Mujaković, izvanredni profesor,
- dr. sc. Sanja Rukavina, izvanredni profesor,
- dr. sc. Bojan Crnković, docent,
- dr. sc. Ana Jurasić, docent,
- dr. sc. Vedrana Mikulić Crnković, docent,
- dr. sc. Vera Tonic, docent.

Kao voditelj NEWFELPRO projekta za Odjelu je zaposlen državljan Republike Makedonije

- prof. dr. Živorad Tomovski.

Viši asistenti zaposleni na Odjelu za matematiku su:

- dr. sc. Tajana Ban Kirigin (izbor u znanstvenog suradnika u tijeku),
- dr. sc. Marijana Butorac,
- dr. sc. Davor Dragičević (ispunjava uvjete za višeg znanstvenog suradnika),
- dr. sc. Doris Dumičić Danilović,
- dr. sc. Danijel Krizmanić (znanstveni suradnik),
- dr. sc. Ivana Slamić,
- dr. sc. Milena Sošić,
- dr. sc. Andrea Švob.

Dr. sc. Danijel Krizmanić izabran je u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika iz područja prirodnih znanosti, polje matematika, a izbor dr. sc. Tajane Ban Kirigin u zvanje znanstvenog suradnika je u tijeku i trebao bi završiti krajem 2014. godine. Dr. sc. Davor Dragičević objavio je osam znanstvenih članaka u časopisima koji se nalaze na listi SCIE, te mu je prihvaćeno još pet članaka u časopisima sa SCIE liste, što znači da ispunjava uvjete za izbor u znanstveno zvanje višeg znanstvenog suradnika. Do 2017. godine barem sedmero viših asistenata zaposlenih na Odjelu ispunjavat će uvjete za izbor u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika iz područja prirodnih znanosti, polje matematika. Također se planira napredovanje djelatnika izabranih u znanstveno-nastavna zvanja. Tako je već pokrenut postupak izbora izv. prof. dr. sc. Nermine Mujaković u znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika iz područja prirodnih znanosti, polje matematika, a početkom 2015. godine pokrenut će se izbor izv. prof. dr. sc. Sanje Rukavina u znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika i izbor doc. dr. sc. Vedrane Mikulić Crnković u znanstveno zvanje višeg znanstvenog suradnika.

Kadrovskim jačanjem putem novih zapošljavanja i napredovanja djelatnika Odjela za matematiku otvarala su se nova područja istraživanja i povećavala 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, klasičnu teoriju brojeva, teoriju reprezentacija afinih Liejevih algebri, verteks algebri i algebri verteks operatora, 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 publikacijama navedeni su u Tablici 2.2.

Tablica 2.1 Popis znanstvenih projekata

Popis aktivnih znanstvenih iz nacionalnih izvora s imenima voditelja
Codes and Related Combinatorial Structures, HRZZ (voditelj: Dean Crnković).
Blok dizajni, jako regularni grafovi i srodne kombinatoričke strukture, potpora Sveučilišta u Rijeci, (voditelj: Dean Crnković),
Algebarske i analitičke metode u teoriji brojeva, potpora Sveučilišta u Rijeci, (voditelj: Neven

Grbac),

Matematičko i numeričko modeliranje kompresibilnog mikropolarnog fluida, potpora Sveučilišta u Rijeci, (voditelj: Nermina Mujaković)

Popis aktivnih znanstvenih i razvojnih projekta iz međunarodnih izvora s imenima voditelja

Kohomologija aritmetičkih grupa i automorfne forme (voditelj: Neven Grbac, financira: Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske i Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft Republike Austrije).

Modeling anomalous diffusion by generalized Langeven, Fokker-Planck equations and fractional diffusion-wave equations (Anomalous diffusion) (voditelj: Živorad Tomovski; NEWFELPRO projekt)

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
Znanstveni radovi u časopisima koji su zastupljeni u bazi CC, WoS (SSCI, SCI-expanded i A&HCI) te Scopusu	52	29	$62/18 = 3,44$
Ostali recenzirani radovi zastupljeni u bazama koje se priznaju za izbore u znanstvena zvanja	11	8	$13/18 = 0,72$
Autorstvo domaćih knjiga	1	1	$1/18 = 0,05$
Radovi u domaćim časopisima s međunarodnom recenzijom	7	3	$10/18 = 0,55$
Recenzirani radovi u zbornicima inozemnih i međunarodnih znanstvenih skupova***	5	4	$6/18 = 0,33$
Radovi u domaćim časopisima s domaćom recenzijom	11	5	$11/18 = 0,61$
Stručni radovi	11	5	$11/18 = 0,61$
Poglavlja u recenziranim knjigama	4	4	$5/18 = 0,28$
Recenzirani radovi u zbornicima domaćih	1	0	$1/18 = 0,05$

znanstvenih skupova***			
Uredništva inozemnih knjiga***	1	0	1/18 = 0,05

*Broj radova u omjeru: svaki rad broji se onoliko puta koliko ima koautora s Odjela za matematiku

Kao što je već istaknuto, Odjel za matematiku je 2008. godine u trenutku osnivanja imao samo tri djelatnika u znanstveno-nastavnim zvanjima i jednog višeg asistenta. 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.

Tablica 2.3 SWOT analiza Odjela za matematiku

<i>Prednosti (unutarnje obilježje)</i>	<i>Nedostaci (unutarnje obilježje)</i>
<p>Većina djelatnika Odjela su mladi znanstvenici.</p> <p>Dobra suradnja s međunarodnom i hrvatskom znanstvenom zajednicom.</p>	<p>Premali broj djelatnika u znanstveno-nastavnim zvanjima.</p>
<i>Mogućnosti (kao posljedica vanjskih utjecaja)</i>	<i>Prijetnje (kao posljedica vanjskih utjecaja)</i>
<p>Nova zgrada s vrlo dobrim uvjetima za rad.</p> <p>Položaj na Kampusu (mogućnost suradnje s drugim sastavnicama Sveučilišta).</p> <p>Mogućnost prijave na domaće i međunarodne projekte.</p>	<p>Nemogućnost zapošljavanja novih nastavnika i suradnika i napredovanja postojećih djelatnika.</p> <p>Smanjenje financiranja iz državnog proračuna, uključujući smanjenje financiranja istraživanja.</p> <p>Brojne nove administrativne obaveze nastavnika i suradnika koje generira sveučilišna zajednica i država.</p>

3. STRATEŠKI CILJEVI ODJELA

Strateški ciljevi Odjela za matematiku Sveučilišta u Rijeci temelje se na *Strategiji razvoja Sveučilišta u Rijeci 2014-2020*, koju je Odjelsko vijeće Odjela za matematiku na svojoj 65. sjednici održanoj 20. listopada 2014. godine prihvatilo kao strateški dokument Odjela.

Odjel za matematiku je, temeljem Strategije Sveučilišta u Rijeci, utvrdio prioritete strateške ciljeve za navedeno razdoblje u području:

- I. istraživanja,
- II. obrazovanja,

III. javne funkcije.

IV. organizacije.

Prioritetni strateški ciljevi Odjela u području istraživanja su:

- povećati broj i kvalitetu objavljenih znanstvenih radova; posebice, povećati broj objavljenih radova o istraživaču,
- povećati financiranje istraživanja, posebice, povećati broj projekata financiranih iz kompetitivnih izvora,
- povećati sredstva za financiranje istraživanja iz programa EU (npr. Horizon – i svi ostali programi).

Za ostvarivanje strateškog programa znanstvenih istraživanja od posebno je značaja i ostvarivanje prioritetnog strateškog cilja iz područja organizacije:

- povećati broj istraživača.

4. OČEKIVANI ISHODI STRATEŠKOGA PROGRAMA ZNAJSTVENIH ISTRAŽIVANJA

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

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

- dvostruko više objavljenih znanstvenih radova (u odnosu na 2013. godinu); odnosno, prosječno dva rada po istraživaču godišnje,
- 20% proračuna Odjela ostvareno istraživačkim projektima; odnosno, 15% istraživača Odjela voditelji su projekata financiranih iz kompetitivnih izvora,
- 10% proračuna Odjela ostvareno iz sredstava EU.

U području organizacije, očekujemo da ćemo dostignuti sljedeću ciljnu vrijednost:

- povećanje broja istraživača od 50% (u odnosu na 2013. godinu).

5. ZNAJSTVENE TEME KOJE ODJEL NAMJERAVA ISTRAŽIVATI S PROGRAMOM RADA I POSEBNIM CILJEVIMA ZA SVAKU TEMU

5.1 ZNAJSTVENE TEME KOJE ĆE SE ISTRAŽIVATI NA ZAVODU ZA ALGEBRU I TEORIJU BROJEVA

5.1.1. Langlandsov program: automorfne forme, teorija reprezentacija, kohomologija aritmetičkih grupa

Ovaj smjer istraživanja dio je Langlandsovog programa, jednog od najznačajnijih područja istraživanja uopće u matematici, koji predviđa duboku funktorijsku (algebarsku) povezanost teorije

brojeva (Galoisove reprezentacije), matematičke analize (automorfne i modularne forme) i geometrije (Abelove mnogostrukosti i eliptičke krivulje). Mnogi od najdubljih i najvažnijih problema u matematici, poput Riemannove hipoteze, slutnje Bircha i Swinnerton-Dyera, Ramanujanove i Selbergove slutnje, kao i Wiles-Taylorov spektakularan dokaz posljednjeg Fermatovog teorema, spadaju i samo su mali djelić Langlandsovog programa.

Automorfne forme su analitički objekti koji čine jedan od temeljnih koncepata u Langlansovom programu. Teorija reprezentacija omogućuje njihovo sustavno proučavanje i organiziranje u takozvane automorfne reprezentacije koje daju algebarsku strukturu slično harmonijskoj analizi i sudjeluju u predviđenoj (globalnoj) Langlandsovoj korespondenciji i funktorijalnosti između različitih grupa. S druge strane, automorfnim reprezentacijama mogu se pridružiti odgovarajuće automorfne L -funkcije koje sadrže važne aritmetičke informacije.

Kohomologija aritmetičkih grupa i pridruženih Shimurinih mnogostrukosti stoji poput poveznice između geometrije lokalno simetričnih prostora i automorfnih formi te Galoisovih reprezentacija kao fundamentalnih objekata teorije brojeva. Time daje važnu vezu s aritmetičkom algebarskom geometrijom.

Dosadašnji rad bio je koncentriran i dao određene rezultate vezano na sljedeće probleme:

- spektralna dekompozicija prostora L^2 automorfnih formi,
- endoskopska klasifikacija automorfnih reprezentacija (formula traga) i posljedice,
- analitička svojstva automorfnih L -funkcija,
- veza automorfnih formi i kohomologije aritmetičkih grupa,
- struktura prostora automorfnih formi i primjene u kohomologiji,
- uvjeti neponištanja automorfne kohomologije i veza s automorfnim L -funkcijama,
- funktorijalna veza kohomologije različitih grupa,
- teorija reprezentacija P -adskih grupa,

Glavni ciljevi za naredno razdoblje su sljedeći:

1. razumjeti strukturu automorfne kohomologije za reduktivne grupe nad poljima algebarskih brojeva koje nisu kvazi-rascjepive,
2. razumjeti strukturu automorfne kohomologije za posebne (exceptional) grupe nad poljima algebarskih brojeva,
3. dokazati egzistenciju netrivialnih klasa kohomologije za reduktivne grupe, veza s automorfnim L -funkcijama,
4. razumjeti Frankeovu filtraciju u kombinatornom obliku te primjene u teoriji automorfnih formi i kohomologiji,
5. odrediti analitička svojstva automorfnih L -funkcija kao posljedica Arthurove endoskopske klasifikacije automorfnih reprezentacija,
6. razumjeti teoriju reprezentacija P -adske metaplektičke grupe,
7. razumjeti teoriju reprezentacije hermitskih kvaternionskih grupa nad P -adskim poljem,

Metode i pristupi koji se pritom planiraju koristiti su sljedeći (koristimo gornju numeraciju ciljeva). U 1-3 koristi se metoda Eisensteinovih redova kombinirana s Grbac-Schwermerovim uvjetima neponištanja klasa kohomologije. Za 1 metoda će se bazirati na funktorijalnom transferu automorfnih

reprezentacija s unitarne grupe na $GL(n)$, koji se dobiva formulom traga. U 2 koristit će se i theta korespondencija da bi se odredila svojstva L -funkcija koje se javljaju u konstantnom članu Eisensteinovih redova. Za 4 treba pronaći novi pristup za kombinatorni opis Frankeove filtracije na $GL(n)$. U 5 usporedit će se Langlandsova spektralna dekompozicija rezidualnog spektra kvazirascjepive unitarne grupe s nedavnom endoskopskom klasifikacijom njihovih automorfničkih reprezentacija (Mok, Arthur). Za 6-7 koristit će se metoda Jacquetovih modula te neki Tadićevi rezultati.

Očekuje se dobiti strukturne opise automorfne kohomologije grupa koje su dosad bile izvan dohvata standardnih metoda te zaista bezuvjetno dokazati postojanje netrivialnih klasa, dokazati nova analitička svojstva automorfničkih L -funkcija, dobiti kombinatorni opis Frankeove filtracije prostora automorfničkih formi, dokazati nove rezultate u lokalnoj teoriji reprezentacija P -adskih grupa.

5.1.2. Kombinatorne baze glavnih potprostora standardnih i generaliziranih Vermaovih modula za nezakrenute afine Liejeve algebre općeg ranga i dokaz novih kombinatornih identiteta Rogers-Ramanujanovog tipa korištenjem teorije verteks operatora i operatora ispreplitanja

Ovo istraživanje prirodni je nastavak istraživanja Marijane Butorac započeto prilikom pripreme doktorskog rada, koje se odvijalo u suradnji s prof. dr. sc. Mirkom Primcem s Matematičkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, a u sklopu kojeg je objavljen samostalan znanstveni rad u časopisu Journal of Pure and Applied Algebra, 2014. godine.

Problem originalno potječe iz problema traženja baza standardnih modula afinih Kac-Moodyjevih Liejevih algebri i njihovih potprostora, te formula karaktera. Doprinos rješavanja ovog problema važan je između ostalog za kombinatornu teoriju reprezentacija afinih Liejevih algebri i teoriju verteks-algebri, a istraživanje se planira proširiti i na konstrukcije modula afinih Liejevih superalgebri. Kao rezultat ovog istraživanja planira se publiciranje znanstvenih članaka s nastojanjem da oni budu objavljeni u časopisima za područje algebre, a koji su na popisu u bazi SCIE (Web of Science).

Znanstvenu suradnju Marijana Butorac planira i dalje nastaviti s mentorom doktorskog rada i to u sklopu projekta „Algebraic and combinatorial methods in vertex algebra theory“, financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost i projekta potpore istraživanjima Sveučilišta u Rijeci pod nazivom „Algebarske i analitičke metode u teoriji brojeva“. U idućih 5 godina se planira predstavljanje i istraživačkih rezultata kroz sudjelovanje na znanstvenim konferencijama pri čemu se planira barem jedna međunarodna konferencija.

5.1.3. Istraživanje polinomnih varijanti Diofantova problema

U okviru ove teme do sada je dr. sc. Ana Jurasić istraživala različite polinomne generalizacije Diofantova problema, u suradnji s prof. dr. sc. Andrejem Dujellom s Matematičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Osnovni Diofantov problem sastoji se u traženju Diofantovih m -torki, skupova od m prirodnih brojeva, takvih da je umnožak bilo koja dva njihova elementa uvećan za 1 potpun kvadrat. Najprije je problem proučavan nad $\mathbb{K}[X]$, za algebarski zatvoreno polje \mathbb{K} karakteristike 0. Drugi proučavani problem se odnosi na polinomne $D(n)$ - m -torke, skupove u $\mathbb{Z}[X]$ takve da je umnožak bilo koja dva njihova različita elementa uvećan za n iz $\mathbb{Z}[X]$ potpun kvadrat. Cilj oba istraživanja bio je naći što bolju gornju ogradu na broj elemenata promatranog skupa. Spomenuta su istraživanja rezultirala člancima objavljenim u International Journal of Number Theory, Glasnik Matematički i Journal of Combinatorics and Number Theory. Projekti u okviru kojih su se istraživanja odvijala su zajednički hrvatsko-austrijski projekt Arithmetic-combinatorial problems and applications (2010.-2012.), projekt Diofantske jednadžbe i eliptičke krivulje Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske (2007-2013.) te se dalje odvijaju kroz aktualni projekt Diophantine m -tuples, elliptic curves, Thue and index form equations

(2014.-2018.) Hrvatske zaklade za znanost i projekt Sveučilišta u Rijeci pod nazivom Algebarske i analitičke metode u teoriji brojeva (2013.-2015.).

Ove godine, Ana Jurasić je nastavila istraživanje polinomnih Diofantovih m -torki. Trenutno se bavi istraživanjem mogu li se rezultati za polinomne Diofantove m -torke za linearni n (Dujella, Fuchs, Tichy, Walsh) i za kvadratni n (Jurasić), koji su dobiveni za polinome nad \mathbb{Z} , proširiti na polinome nad poljem \mathbb{K} karakteristike 0 . Navedeno istraživanje provodi se u suradnji s dr. sc. Alanom Filipinom s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Također, u narednom razdoblju planira se istraživanje u cilju nalaženja bitno novih primjera polinomnih $D(n)$ -trojki (za kvadratni polinom n) nad prstenom cijelih brojeva koje se na različite načine mogu proširiti do $D(n)$ -četvorki ili pak dokazivanja da su svi takvi skupovi već nađeni i prikazani u radovima prof.dr.sc. Andreja Dujelle i Clemensa Fuchsa.

5.1.4. Istraživanje familija Thueovih jednadžbi nad funkcijskim poljima

U suradnji s Clemensom Fuchsom i Rolandom Paulinom, oba sa Matematičkog odjela Sveučilišta u Salzburgu, Ana Jurasić istražila je parametriziranu familiju Thueovih jednadžbi nad $\mathbb{C}[X]$. U nastojanju rješavanja navedene familije korišteni su različiti rezultati iz algebre i algebarske teorije brojeva.

U narednom razdoblju namjerava se nastaviti rad na sličnim problemima kroz uspostavljenu suradnju s Clemensom Fuchsom. Planirano je istražiti familiju Thue-Mahlerovih jednadžbi nad funkcijskim poljem. Takve su familije nad brojevnim poljima proučavali Levesque i Waldschmidt. Dokazali su da određene familije Thue-Mahlerovih jednadžbi imaju samo trivijalna rješenja te će se pokušati iskoristiti njihov princip razmatrajući analogan problem nad funkcijskim poljem.

5.1.5. Diofantske jednadžbe

Planirano znanstveno istraživanje za sljedećih nekoliko godina uključuje (ali nije ograničeno na) sljedeće teme:

(1) daljnje proučavanje problema koji su ostali za buduće promatranje u doktorskoj disertaciji naziva Diofantski problemi sa sumama djelitelja. Budući cilj je fundiranje hipoteza za slučajeve kad δ daje ostatak 0 ili 2 pri dijeljenju brojem 8. Za sad je slutnja da postoji beskonačno mnogo neparnih prirodnih brojeva n za koje postoje djelitelji d_1, d_2 broja $(n^2+1)/2$ za koje vrijedi $d_1+d_2 = \delta + \delta - 2$,

(2) svodenje novih problema (posebice onih koji se odnose na sume pozitivnih djelitelja broja n) u teoriji brojeva na probleme rješavanja diofantskih jednadžbi čija rješenja će se tražiti koristeći Worley (Dujella) teorem,

(3) Primjena aktualnih modernih metoda za rješavanje diofantskih jednadžbi koje proizlaze iz diofantskih aproksimacija (primjerice, Bakerova teorija linearnih formi u logaritmima) pomoću kojih je moguće dobiti gornje ograde za veličinu rješenja različitih diofantskih jednadžbi koje se kasnije reduciraju nekom od metoda za redukciju.

Spomenute teme (1) i (2) nastavljaju se na temu doktorata Sande Bujačić, naziva Diofantski problemi sa sumama djelitelja, izrađenog 2014. godine pod mentorstvom prof. dr. sc. Andreja Dujelle (Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Matematički odsjek). Osnovni problem, vezan uz (1), riješen je u disertaciji za slučajeve kad je broj δ fiksiran (preciznije, kad je $\delta=2$ ili $\delta=4$) ili kad δ daje ostatak 4 ili 6 pri dijeljenju brojem 8, no, u radu primjenjivane metode ne daju rezultate za druge dvije klase ostataka pri dijeljenju broja δ brojem 8 kad je δ paran broj, što daje naslutiti da ova preostala dva slučaja zahtijevaju u potpunosti drugačiji pristup problemu. Problem dopušta mogućnost raznih generalizacija, a originalno potiče iz problema dekompozicije primitivne funkcije za određene grupe polinoma. Doprinos rješavanju problema (1) i (2) važan je, između ostalog, za teoriju koja se

vezuje za funkciju sume pozitivnih djelitelja broja n koja se dugo i intenzivno proučava u ovoj grani matematike. Planirano istraživanje problema (1)-(3) potencijalno će se proširiti u skladu s mogućim suradnjama sa stranim i domaćim istraživačima. Jedan dio rada prihvaćen je za objavljivanje kao samostalni članak u časopisu Miskolc Mathematical Notes, a u budućnosti je predviđeno objavljivanje još do dva članka koji će proizići iz doktorskog rada.

U okviru ove teme planira se nastaviti suradnja s prof. dr. sc. Andrejem Dujellom, a u sklopu problema (3) planirana je, kako suradnja unutar Hrvatske, tako i ona međunarodnog karaktera. U narednom razdoblju planira se i prezentacija rezultata istraživanja na pet do osam međunarodnih konferencija.

5.1.6. Verifikacija sigurnosnih protokola za cyber-physical sustave

Ova je tema jedna od gorućih u području računarstva. Naime, razvojem tzv. pervasive cyber-physical sustava i pripadnih sigurnosnih zahtjeva, pojavljuje se potreba za specifikacijom takvih sigurnosnih protokola koji uz običajene elemente, kao što su svježije vrijednosti i kriptiranje, uzimaju u obzir i fizička svojstva okoline u kojoj se ti protokoli izvode. Tako na izvršavanje protokola kao i na njihove sigurnosne karakteristike utječu vrijeme, brzine pojedinih komunikacijskih kanala, fizičke udaljenosti, udaljenosti u komunikacijskoj mreži i dr. Tradicionalni modeli za specifikaciju sigurnosnih protokola kao i modeli napadača, primjerice dobro poznati Dolev-Yao model napadača, formalno ne uključuju navedene fizičke faktore i stoga nisu primjereni kao formalni modeli za cyber-physical sustave.

Istraživački tim okupljen oko prof. Andre Scedrova s University of Pennsylvania, USA, čiji je član i dr. sc. Tajana Ban Kirigin, istraživat će formalne modele za specifikaciju i verifikaciju sigurnosnih protokola za cyber-physical sustave. Jedan od izazova u tom radu je odgovarajuća formalizacija realnog odnosno kontinuiranog vremena, te izražajnost modela kako bi se uspješno opisati tj. razotkriti što više raznih oblika mogućih napada. Zbog objektivne složenosti cyber-physical sustava modeli za verifikaciju iz trenutno dostupne literature nisu u tom smislu zadovoljavajući.

Dodatno će se proučavati računaska složenost pripadnih problema, npr. problema dostižnosti i problema tajnosti te načini formalizacije sustava za koje bi se postigla što povoljnija složenost, no istovremeno ne umanjivši izražajnost sustava.

Planira se i pokušaj implementacije modela u sustavu Maude za automatsku verifikaciju u kombinaciji s SMT-solverom kako bi se mogle verificirati što općenitije situacije.

Budući da se u ovom znanstvenom području rezultati preventivno predstavljaju na konferencijama, pri ovom istraživanju planira se sudjelovanje na konferencijama, i to na barem jednoj prestižnoj međunarodnoj konferenciji godišnje. Ovaj istraživački tim osim prof. Scedrova i dr. sc. Tajane Ban Kirigin uključuje vrhunske stručnjake iz pripadnog područja, prof. Max Kanovich, Queen Mary, University of London i University College London, UK, Carolyn Talcott, institut SRI International, SAD i Vivek Nigam, Federal University of Paraba, Joao Pessoa, Brazil.

5.1.7. Formalni modeli kompleksnih mreža jezika

U sklopu ove teme istraživat će se modeliranje pisanog i govorenog jezika kompleksnim mrežama na način da se interakcije među lingvističkim jedinicama-čvorovima predstavljaju vezama u mreži. Oblikovanjem formalnog modela za analizu jezika uspostavlja se metodološki okvir koji omogućuje analizu strukturne složenosti pojedine jezične razine, kao i njihov međurazinski odnos.

Bitna karakteristika ovog istraživanja je interdisciplinarnost. Povezuje se lingvistika i matematički formalizam s postupcima i algoritmima računalne analize prirodnog jezika, kao jednog od područja razvoja inteligentnih sustava u informatici. Budući da za hrvatski jezik do sada nije bilo sličnih

sustavnih istraživanja očekuje da će predložena metodologija produbiti razumijevanje strukturalnih odnosa kao i složenosti pojedinih jezičnih razina te time otvoriti put k razvoju novih aplikacija na području jezičnih tehnologija. Razvoj različitih jezičnih tehnologija jedno od važnih područja Horizon 2020 okvira, istaknuto je kao ključno područje za istraživanje inteligentnog upravljanja informacijskim sadržajima te prevladavanje jezičnih barijera u europskom višejezičnom prostoru.

Rad na ovoj znanstvenoj temi započet je u sklopu projekta potpore istraživanjima Sveučilišta u Rijeci pod nazivom Kompleksne mreže jezika voditeljice izv. prof. dr. sc. Sande Martinčić-Ipšić (Odjela za informatiku Sveučilišta u Rijeci). Osim znanstvene suradnje među sastavnicama Sveučilišta u Rijeci, ovo istraživanje ostvaruje suradnju s drugim sveučilištima i međunarodnim znanstvenicima, primjerice doc. dr. sc. Zoranom Levnajićem s Fakulteta za informacijske studije iz Novog Mesta, Slovenija. Okvirno se planira prisustvovanje na dvije međunarodne konferencije godišnje te jedan znanstveni rad u časopisu godišnje.

5.1.8. Istraživanja u području teorije dimenzije

Tema istraživanja doc. dr. sc. Vere Tonić su određeni tipovi teorije dimenzije u topologiji i geometriji: dimenzija pokrivanja i kohomološka dimenzija (modulo abelova grupa), koje se klasificiraju pod algebarsku i geometrijsku topologiju, te asimptotička dimenzija i Assouad-Nagata dimenzija, koje su vezane za metričku geometriju i imaju primjene u geometrijskoj teoriji grupa.

Vezano za dimenziju pokrivanja i kohomološku dimenziju, u suradnji s prof. dr. sc. Leonardom Rubinom s University of Oklahoma, Vera Tonić radi na problemu pojednostavljanja dokaza i proširivanja izjava rezolucionijskih teorema. Rezolucionijski teoremi u teoriji dimenzije počinju od kompaktnog metrizabilnog prostora s omeđenom kohomološkom dimenzijom obzirom na određenu abelovu grupu (npr. Z , $Z/p, Q$), čija dimenzija pokrivanja može biti beskonačna, te uzimaju takav prostor kao kodomena, 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. Obzirom da je novi prostor (tj. domena) bolji od starog po dimenzionalnim svojstvima, takvi su teoremi nazvani teoremima razrješenja ili rezolucije. Još se zahtijeva da vlakna, tj. praslike točaka iz kodomene, imaju određena lijepa, tzv. ćelijska svojstva, i takvo preslikavanje se obično naziva rezolucijom. Takvi teoremi su poznati počevši od 1980-ih godina, a njihovi dokazi koriste komplicirane geometrijske konstrukcije koje grade geometrijske objekte (obično zvane Edwards-Walsh-evi kompleksi) s dobrim svojstvima grupa homotopije. Jedan od projekata je pojednostaviti dokaze već poznatih teorema time da se korištenje Edwards-Walsh-evih kompleksa zamijeni upotrebom prebrojivog niza inverznih nizova kompaktnih poliedara, s pažljivo odabranim veznim preslikavanjima. Drugi projekt je proširiti rezolucione teoreme na situaciju u kojoj se kodomena (početni prostor) i domena (novoprodučeni prostor) zamijene nizom potprostora s određenim svojstvima, tj. gradi se rezolucija između nizova potprostora, koja još uvijek treba imati dobra ćelijska svojstva. Plan je da ova dva projekta rezultiraju objavljivanjem dvaju znanstvenih radova u iduće tri godine.

Vezano za asimptotičku dimenziju, u metričkoj geometriji poznata je sljedeća formula za Gromov-hiperboličke metričke prostore koji su geodezični, ko-ograničeni i s kompaktnim rubom u beskonačnosti (npr. takve su Gromov-hiperboličke grupe): asimptotička dimenzija takvog prostora jednaka je dimenziji pokrivanja njegovog ruba u beskonačnosti plus jedan. Zanimljiv je problem može li se ista formula postići ako se svojstva prostora pogoršaju, recimo tako da rub u beskonačnosti više ne bude kompaktan. Planira se publiciranje jednog ili dva znanstvena rada koji proizlaze iz istraživanja ovog problema.

5.2 ZNANSTVENE TEME KOJE ĆE SE ISTRAŽIVATI NA ZAVODU ZA DISKRETNU MATEMATIKU

Od 2007. godine do 2013. godine bio je aktivan projekt *Blok dizajni, jako regularni grafovi i srodne kombinatoričke strukture* financiran od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. Voditelj je bio Dean Crnković, suradnici Sanja Rukavina i Vedrana Mikulić Crnković te znanstveni novaci Sanja Vranić, Marina Šimac i Nina Mostarac. U okviru projekta publicirano je 25 znanstvenih radova te je izrađena jedna doktorska disertacija. Osnovni cilj projekta je bio konstrukcija novih blok dizajna i jako regularnih grafova i s njima povezanih kodova te konstrukcija novih regularnih Hadamardovih matrica, odnosno Menonovih dizajna. Ciljevi projekta su ispunjeni što je vidljivo i iz popisa radova projekta (projekt pod brojem 319-0000000-3037 u Hrvatskoj znanstvenoj bibliografiji, podaci dostupni na bib.irb.hr). Konstruirani su brojni Menonovi dizajni i razvijene metode za konstrukciju dizajna iz primitivnih grupa te su iste primijenjene na konstrukciju dizajna iz primitivnih jednostavnih grupa. Proučavani su linearni kodovi iz Hadamardovih matrica reda n i Hadamardovih dizajna i kodovi generirani matricama susjedstva jako regularnih grafova. Također je poopćena poznata konstrukcija samoortogonalnih kodova iz orbitnih matrica, te su primjenom te poopćene metode konstruirani linearni kodovi sa zanimljivim svojstvima, od kojih su mnogi optimalni ili skoro optimalni.

Budući da su članovi Zavoda za diskretnu matematiku ujedno i članovi sljedeća dva projekta odobrena u 2014. godini:

- Codes and Related Combinatorial Structures (voditelj: Dean Crnković) financiran od Hrvatske zaklade za znanost,
- Blok dizajni, jako regularni grafovi i srodne kombinatoričke strukture (voditelj: Dean Crnković) financiran od Sveučilišta u Rijeci,

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 u ove tri teme:

- Istraživanja u području teorije dizajna,
- Istraživanja u području teorije grafova,
- Istraživanja u području teorije kodiranja.

5.2.1 Istraživanja u području teorije dizajna

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

U narednom razdoblju članovi Zavoda nastaviti će se baviti metodama za konstrukciju dizajna i konstrukcijama dizajna. Posebno, nastaviti će se razvoj algoritama za konstrukciju dizajna iz orbitnih matrica uz pretpostavljeno djelovanje rješivih grupa, poopćiti će se metoda konstrukcije tranzitivnih dizajna s ciljem konstrukcije netranzitivnih dizajna, te će se to povezati s konstrukcijama dizajna iz orbitnih matrica. Nastaviti će se i istraživanja s ciljem konstrukcije Hadamardovih matrica i dizajna povezanih s Hadamardovima matricama.

Članovi Zavoda do sada se nisu bavili istraživanjima beskonačnih dizajna. Međutim, metoda konstrukcije tranzitivnih dizajna iz grupe primjenjiva je i u slučaju djelovanja beskonačne grupe na

beskonačan skup, odnosno njome je moguće konstruirati beskonačne dizajne. U narednom periodu u planu je istraživanje bekonačnih grupa koje djeluju na beskonačan skup s ciljem konstrukcije sporadičnih primjera beskonačnih dizajna i/ili familija beskonačnih dizajna.

U narednom razdoblju, članovi Zavoda bavit će se i dizajnima nad konačnim poljima i to, posebno, s ciljem konstrukcije analogona Fanoove ravnine. Planira se nastavak istraživanja metoda nepotpunog pretraživanja i to posebno s ciljem dokazivanja egzistencije pojedinih struktura. U planu je i daljnje istraživanje nekih poznatih kodova s ciljem konstrukcije dizajna, posebno dizajna definiranih nad orbitama riječi koda za djelovanje neke grupe automorfizama koda. 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 razvijane metode konstrukcije grafova, posebno jako regularnih grafova, iz orbitnih matrica i tranzitivnih grupa. U planu je nastavak i daljnja generalizacija tih istraživanja: poopćenje algoritama za konstrukciju jako regularnih grafova iz orbitnih matrica, poopćenje metode konstrukcije regularnih grafova iz tranzitivnih grupa s ciljem konstrukcije netranzitivnih jako regularnih grafova 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 poznatim kodovima.

Osim navedenih konstrukcija koje za cilj imaju konstrukciju jako regularnih grafova, razvijat će se metode konstrukcija grafova s drugačijim svojstvima, naprimjer geodetskih grafova i djeljivih dizajn grafova, te usmjerenih grafova. Promotrit će se i primjena, odnosno modifikacija metoda nepotpunih pretraživanja u pronalaženju klika s određenim svojstvima u grafovima. 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.

Članovi Zavoda za diskretnu matematiku u navedenim istraživanjima će surađivati s hrvatskim matematičarima: prof. dr. sc. Mariom Osvinom Pavčevićem (FER, Sveučilište u Zagrebu) i izv. prof. dr. sc. Vedranom Krčadincem (PMF-Matematički odsjek, Sveučilište u Zagrebu) i njihovim suradnicima, koji su također članovi projekta Codes and Related Combinatorial Structures. Nastavit će se i suradnja s inozemnim matematičarima, posebno s prof. Willemom Haemersom (Tilburg University, Nizozemska), 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), te će se kao posljedica te suradnje istraživanja članova Zavoda prošiti na proučavanje konačnih geometrija.

5.3 ZNANSTVENE TEME KOJE ĆE SE ISTRAŽIVATI NA ZAVODU ZA MATEMATIČKU ANALIZU

5.3.1 Istraživanje inicijalno-rubnih problema vezanih uz modeliranje mikropolarnog kompresibilnog fluida

U sklopu ove teme do sada su se istraživali različiti jednodimenzionalni modeli gibanja kompresibilnog viskoznog i termoprovodljivog mikropolarnog fluida čime je postavljen temelj za znanstveno istraživanje višedimenzionalnih modela koje se planira u narednom periodu. Istraživanje se planira u nekoliko pravaca i to:

1) Analiza i postavka modela gibanja opisanog fluida kroz cilindar pri čemu će težište biti na istraživanju egzistencije generaliziranog rješenja lokalno i globalno po vremenu kao i istraživanju ponašanja rješenja u smislu stabilizacije i regularnosti.

2) Numeričko modeliranje svih ranije postavljenih i razmatranih problema kao i novo dobivenih problema. Ono će se odvijati primjenom više metoda s težištem na metode Faedo-Galjerkina i metodu konačnih razlika pri čemu će se posebna pažnja posvetiti dokazivanju konvergencija aproksimativnih rješenja ka rješenju postavljenog problema.

Navedena istraživanja započela su u sklopu projekta Matematička analiza kompozitnih i tankih struktura prof. dr. sc. Zvonimira Tuteka s Matematičkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, a nastaviti će se kroz projekt potpore istraživanjima Sveučilišta u Rijeci pod nazivom „Matematičko i numeričko modeliranje mikropolarnog fluida“, čiji je voditelj izv. prof. dr. sc. Nermina Mujaković.

U sklopu ovog istraživanja ojačat će se suradnja s djelatnicima Katedre za primijenjenu matematiku Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci u cilju formiranja interdisciplinarnog tima istraživača koji već imaju niz dobrih rezultata i publikacija. Također će se pokušati ostvariti suradnja sa znanstvenim ustanovama koje imaju tehnološki potencijal za mjerenje materijalnih parametara mikropolarnog fluida čime bi rezultati ovog istraživanja izašli iz teoretskog okvira i postali dostupni gospodarstvu. Naime, pokazano je da mikropolarni fluid ima velikog značaja u okvirima nanotehnologije.

U dosadašnjim istraživanjima u sklopu ove teme publiciran je veći broj članaka i to u časopisima izrazito visokog faktora odjeka prve i druge kvartile područja prema WoS-u. Za istaknuti su dva članka koja se bave inicijalno-rubnim problemom sa nehomogenim rubnim uvjetima za temperaturu koji su objavljeni u jednom od najprestižnijih časopisa u području primijenjene matematike – *Nonlinear analysis-real world applications* s faktorom odjeka od 2.238. Ista se praksa publiciranja u vrhunskim časopisima namjerava nastaviti te se očekuje da će istraživanje ove teme rezultirati s barem tri znanstvena članka godišnje u časopisima prve i druge kvartile područja prema WoS-u. Diseminacija istraživačkih rezultata planira se i kroz sudjelovanje na znanstvenim konferencijama pri čemu se planira barem jedna međunarodna konferencija godišnje.

5.3.2 Generalizacija funkcionalnih graničnih teorema za slučajne procese parcijalnih suma i parcijalnih maksimuma, kao i proučavanjem procesa pomičnih prosjeka sa slučajnim koeficijentima

Ovo istraživanje prirodni je nastavak istraživanja Danijela Krizmanića u posljednjih 6 godina, i to istraživanja prilikom pripreme doktorskog rada, koje se odvijalo u suradnji s profesorima Bojanom Basrakom sa Sveučilišta u Zagrebu i Johanom Segersom s Katoličkog sveučilišta u Louvainu, te istraživanja koje je obavljao samostalno u zadnje dvije godine. Iz ovih istraživanja proizašlo je do sada 6 članaka (4 objavljena i 2 prihvaćena za objavljivanje) u časopisima iz područja teorije vjerojatnosti, od kojih su svi indeksirani u bazi SCIE (WoS). Od ovih članaka ističu se posebno njih tri, koji su objavljeni u vrlo dobrim časopisima. Prvi, nastao u suradnji s Bojanom Basrakom i Johanom Segersom, objavljen je 2012. godine u najprestižnijem časopisu za područje teorije vjerojatnosti, „The

Annals of Probability“ (2013 IF = 1.413, Q2, citiranost WoS = 8). Drugi, nastao u suradnji s Bojanom Basrakom, objavljen je 2014. godine u časopisu „Stochastic Processes and their Applications“ (2013 IF = 1.046, Q2). Iste je godine objavljen i članak u časopisu „Extremes“ (2013 IF = 1.167, Q2), proizašao iz samostalnog istraživanja Danijela Krizmanića.

U sklopu istraživanja ove teme planira se suradnja s izv. prof. dr. sc. Bojanom Basrakom i dr. sc. Azrom Tafro sa Matematičkog odsjeka PMF-a u Zagrebu, i to u sklopu projekta „Stochastic Methods in Analytical and Applied Problems“, financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost, čiji je član i dr. sc. Danijel Krizmanić. Planira se rad na generalizaciji funkcionalnih graničnih teorema za slučajne procese parcijalnih suma i parcijalnih maksimuma, kao i proučavati procese pomičnih presjeka sa sličajnim koeficijentima. U tu svrhu, proučavat će se slučajne procese parcijalnih suma i parcijalnih maksimuma regularno varirajućih slučajnih varijabli s uvjetima na njihovu distribuciju i strukturu zavisnosti koji su slabiji od klasičnih i onih za koje su funkcionalni granični teoremi već dokazani. Pri tome će se ova svojstva analizirati u općenitijim prostorima (višedimenzionalnim, euklidskim, Banachovim, ...).

5.3.3 Istraživanja u području harmonijske analize

Planirano znanstveno istraživanje za sljedećih nekoliko godina uključuje (ali nije ograničeno na) sljedeće teme:

- (1) redundancija u sustavima translacija (problem se pojavljuje u kontekstu teorije valića, ili još općenitije, teorije shift-invarijantnih prostora),
- (2) karakterizacija raznih vrsta linearne nezavisnosti za sustav generatora T-cikličkih potprostora (problem je vezan uz razvijanje opće teorije obrađene u (1), na nivou apstraktne harmonijske analize, prvenstveno na nivou lokalno-kompaktnih abelovih grupa),
- (3) redundancija u Gaborovim sustavima te ostalim važnim sustavima koji se mogu dobiti kao posebni slučajevi problema (2) (problem je istaknut zbog važnosti Gaborovih sustava, a za očekivati je i da će se u ovom slučaju moći dobiti i neki rezultati koji neće moći biti razvijeni u teoriji pod (2)).

Spomenute teme prirodno se nastavljaju na temu doktorata Ivane Slamić, izrađenog 2013. godine. Osnovni problem, vezan uz (1), djelomično je riješen u disertaciji, u sklopu koje su objavljena dva znanstvena rada – prvi u koautorstvu s mentorom, prof. dr. sc. Hrvojem Šikićem u časopisu Glasnik matematički, 2012. godine, te drugi, samostalni, u prestižnom časopisu Journal of Fourier analysis and applications, 2014. godine. Problem dopušta mogućnost raznih generalizacija, originalno potiče iz problema karakterizacije raznih svojstava sustava translacija, proučavanom od strane svjetski uglednih grupa iz područja harmonijske analize. Doprinos rješavanja problema (1)-(3) važan je, između ostalog, za teoriju valića, vremensko-frekvencijsku analizu i teoriju shift-invarijantnih prostora na lokalno-kompaktno abelovim grupama, a planirano istraživanje proširit će se u skladu s razvijanjem teorija, vezanih za problem iz kojeg potječu, i na općenitije sustave. Očekuje se da će navedena istraživanja rezultirati s barem pet članaka u narednih šest godina., s nastojanjem da oni budu objavljeni u uglednim časopisima za područje harmonijske ili, općenitije, matematičke analize, kao i sudjelovanje na pet do sedam konferencija do 2020. godine.

Znanstvenu suradnju Ivana Slamić planira i dalje nastaviti s prof. dr. sc. Hrvojem Šikićem (PMF, Zagreb), a u sklopu problema (2) planirana je međunarodna suradnja, s prof. dr. sc. Eugeniom Hernándezom (Universidad Autónoma de Madrid). Vlastite ideje za naredno istraživanje proširene su raznim sugestijama i komentarima dobivenih tijekom izlaganja na konferencijama, a za očekivati je da će se ta poznanstva, kao i poznanstva stečena na budućim konferencijama razviti i u širu znanstvenu suradnju.

5.3.4 Istraživanja u području diferencijalne geometrije

Dr. sc. Milena Sošić namjerava u sljedećem periodu svoj znanstveni rad usmjeriti na izračunavanje bazičnih konstanti u bilo kojem potprostoru multiparametarske quonske algebre pri čemu se želi obuhvatiti i povezati sadržaj do sada napravljenih radova od kojih je jedan objavljen, a dva se nalaze na recenziji. Milena Sošić u idućem razdoblju namjerava objaviti barem jedan znanstveni rad te sudjelovati na barem jednoj znanstvenoj konferenciji.

Dosadašnja istraživanja Milene Sošić bazirana su na njenoj disertaciji i suradnji s prof. dr. sc. Dragutinom Svrtanom sa Matematičkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu.

5.3.5 Istraživanja u teoriji neuniformno hiperboličnih dinamičkih sustava

Glavni ciljevi istraživanja u sklopu ove teme su ispitivanje svojstava i traganje za optimalnim karakterizacijama raznih klasa neuniformno hiperboličnih dinamičkih sustava. Preciznije, u idućem razdoblju planiramo:

- (1) dovršiti program karakterizacije neuniformno hiperboličnog ponašanja u terminima tzv. dopustivosti širokih klasa Banachovih prostora;
- (2) primjeniti rezultate iz (1) na tzv. shadowing theory;
- (3) razviti verziju Sacker-Sellove spektralne teorije za neuniformne dihotomije s posebnim naglaskom na beskonačnodimenzionalne sisteme;
- (4) istražiti vezu između spektralne teorije i Lyapunovih eksponenata.

Vezano za teme (1), (3) i (4) planira se suradnja dr.sc. Davora Dragičevića s međunarodno priznatim znanstvenicima, profesorima Luisom Barreirou i Claudijom Valls sa Departamento de Matematica, Instituto Superior Tecnico, Lisbon, Portugal, s kojima Davor Dragičević surađuje od 2011. godine. Do sada je ta suradnja rezultirala sa 7 objavljenih i 3 prihvaćena znanstvena rada usko vezana uz temu (1). Tako je doktorska disertacija Davora Dragičevića (izrađena pod mentorstvom Claudije Valls) bila posvećena karakterizacijama neuniformno hiperboličnog ponašanja u terminima tzv. Lyapunovih funkcija rezultirala sa 4 znanstvena rada koja su objavljena u prestižnim časopisima, među kojima je i Journal of Differential Equations koji je najprestižniji međunarodni časopis iz područja diferencijalnih jednadžbi i trenutno po impact faktoru 13. najbolje rangiran časopis u kategoriji Matematika. Nakon obrane disertacije, Barreira, Dragičević i Valls su se koncentrirali na projekt opisan u točki (1). Vezano uz temu (2) planira se samostalan rad. S obzirom na širinu znanstvenog djelovanja Barreira i Valls, cilj je da se suradnja s vremenom proširi i na druge teme u području dinamičkih sistema poput termodinamičkog formalizma, multifraktalne analize, teorije dimenzije itd.

U narednom periodu od 5 godina planira se publicirati 10-15 znanstvenih radova u kvalitetnim međunarodnim časopisima čije se rezultate planira prezentirati na 5-10 međunarodnih konferencija.

5.3.6 Istraživanja u području aproksimacija funkcija

Aproksimacija funkcija pojavljuje se kako nezaobilazna tema numeričke analize i predstavlja predmet istraživanja doc. dr. sc. Bojana Crnkovića. Tip i svojstva aproksimacije ovise o područjima primjene. U idućem razdoblju planiramo:

- (1) Razviti polinomne WENO metode visokog reda točnosti za histopolaciju podataka
- (2) Razviti više verzija histosplajnova za podatke sa skokovima u rješenjima
- (3) Razvoj numeričkih metoda za frakcijske modele advekcije i difuzije
- (4) Proučavanje i istraživanje dinamičkih sustava i razvoj novih algoritama za upravljanje dinamičkim sustavima

(5) Razvoj novih numeričkih metoda za hiperboličke modele strujanja fluida sa slobodnom površinom

U naredne dvije godine planira se suradnja s prof. Živoradom Tomovskim na projektu istraživanja anomalnih frakcijskih modela difuzije. Također, u suradnji s Tinom Bosner s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu i Jerkom Škifićem s Tahničkog fakulteta u Rijeci planira se istraživanje i razvoj 2d splajnova za primjenu u računalnoj grafici i razvoj numeričkih metoda za približno rješavanje hiperboličkih parcijalnih diferencijalnih jednažbi.

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:

Pokazatelj 1: broj objavljenih znanstvenih radova (SCOPUS, SCIE)

Pokazatelj 2: postotak proračuna ostvaren domaćim i stranim istraživačkim projektima

Pokazatelj 3: broj voditelja projekata u odnosu na ukupni broj istraživača na Odjelu

Pokazatelj 4: godišnji iznos sredstava iz EU programa

Pokazatelj provedba Strateškog programa znanstvenih istraživanja u području organizacije je:

Pokazatelj 5: broj istraživača (fte)