

Výzkum na Ústavu matematiky a statistiky (dále jen UMS) zahrnuje několik hlavních odvětví teoretické a aplikované matematiky, zejména algebru, topologii a teorii čísel, geometrickou analýzu, matematickou analýzu, statistiku a matematické modelování.

Náš ústav dále zajišťuje výuku teoretické matematiky, finanční matematiky a matematiky pro učitele středních škol. UMS také nabízí matematické předměty pro ostatní vědní obory Přírodovědecké fakulty jako jsou fyzika, chemie, biologie, geografie. Učitelé našeho ústavu také vedou výuku všech hlavních matematických předmětů na Fakultě informatiky a některých předmětů na Ekonomicko-správní fakultě.

UMS má akreditaci doktorského studijního programu v následujících směrech

- algebra, teorie čísel a matematická logika,
- geometrie, topologie a globální analýza,
- matematická analýza,
- obecné otázky matematiky (historie matematiky a matematické vzdělávání),
- pravděpodobnost, statistika a matematické modelování.

Ve spolupráci s Masarykovou univerzitou UMS vydává odborný časopis *Archivum Mathematicum*

(<http://emis.muni.cz/journals/AM/>

). Na našem ústavu také sídlí redakce odborného časopisu

Differential Geometry and its Applications

(<http://dga.math.muni.cz/>

), který je publikován vydavatelstvím Elsevier. Oba časopisy jsou indexovány v mezinárodních databázích

[Mathematical Reviews](#)

, [Zentralblatt für Mathematik](#)

a [Scopus](#)

.

V současnosti na UMS pracují následující výzkumné týmy. Kontaktní informace na všechny

zaměstnanci jsou [zde](#) , včetně odkazu na [publikace](#) , [grantové projekty](#) a [výuku](#) .

ALGEBRA, TOPOLOGIE A TEORIE ČÍSEL

Kategorie a uspořádané množiny (Jiří Rosický, Lukáš Vokřínek, Michael Lieberman). Výzkum je orientován zejména na akcesibilní kategorie a jejich aplikace v algebře, algebraické topologii a teorii modelů. Do výzkumu jsou zahrnuta témata jako např. abstraktní elementární třídy, Quillenovy modelové kategorie a slabé faktorizační systémy. Tým se zabývá také aplikacemi abstraktní teorie homotopií na výpočetní topologii.

Teorie čísel (Radan Kučera, Michal Bulant). Výzkum je zaměřen na algebraickou teorii čísel, zejména na abelovská tělesa. Hlavním cílem je výzkum algebraických struktur, které souvisí s grupou tříd ideálů okruhů celých čísel těchto těles (jako jsou grupa kruhových jednotek nebo Stickelbergerův ideál).

Uspořádané množiny (Jan Paseka, David Kruml). Výzkum se zabývá souvislostmi mezi algebrou a logikou, zejména kvantovou, tense a fuzzy. Základním nástrojem jsou reziduované uspořádané množiny, ale důraz je také kladen na kvantály v souvislosti s C^* -algebry a nekomutativní geometrií.

Teorie plogrup (Ondřej Klíma, Michal Kunc, Libor Polák). Výzkum je zaměřen na ekvacionální charakterizace pseudovariet konečných plogrup a na svazy pseudovariet. Tým se také zabývá aplikacemi plogrup na formální jazyky, například na efektivní charakterizace tříd regulárních jazyků.

GEOMETRICKÁ ANALÝZA

Geometrická komplexní analýza (Martin Kolář, Ilya Kossovskiy). Výzkum se zaměřuje na normální formy a invarianty definičních oborů a jejich hranic v komplexních prostorech a to zejména při výskytu singularit. Dále se tým zabývá souvislostmi s teorií dynamických systémů.

Lieovské teorie, geometrická teorie parciálních diferenciálních rovnic a geometrické struktury (Jan Slovák, Josef Šilhan, Matthew Randall, Ivan Minchev). Jde o efektivní využívání algebraické teorie reprezentací Lieových grup a algeber v geometrické analýze pro velkou třídu

zdánlivě nesouvisejících geometrií (např. projektivní, konformní, CR, kvaternionové), vlastnosti invariantních diferenciálních operátorů pro takové geometrie, souvislosti se subriemannovskou geometrií a přímé aplikace v geometrické teorii řízení, počítačovém vidění a informační geometrii.

Modelování pomocí parciálních diferenciálních rovnic, stochastiky a spektrální teorie (Phan Thanh Nam). V mnoha aplikacích matematiky jsou základní modely založeny na tak velkém množství lineárně vázaných parametrů, že je pro potřebu efektivních výpočtů nutné přejít k nelineárním modelům s málo parametry. Tento směr moderní matematické analýzy leží na pomezí deterministických a stochastických metod, které používá k popisu velkých kvantových systémů.

Přirozené operátory a obecné geometrické struktury (Josef Janyška, Ivan Kolář, Jan Slovák). Hlavním objektem zájmu této skupiny jsou obecné fibrované prostory (bandly jetů, Weilovy bandly a přirozené bandly) invariantní (tj. geometrické) operace na nich, včetně těch závislejších na speciálních geometrických strukturách, a aplikace geometrických metod v teoretické fyzice, zejména v kovariantní klasické a kvantové teorii na zakřiveném časoprostoru.

Geometrické aspekty algebraické topologie (Martin Čadek) Výzkum se zabývá jednak algoritmickým přístupem k řešení klasických úloh algebraické topologie (popis homotopických tříd zobrazení, rozhodnout, kdy jsou dvě zobrazení homotopická, kdy jsou dva simplicialní komplexy homotopicky ekvivalentní), jednak topologickými podmínkami pro existenci různých geometrických struktur na varietách nízké dimenze.

MATEMATICKÁ ANALÝZA

Nelineární diferenciální a diferenční rovnice (Miroslav Bartušek, Zuzana Došlá, Petr Hasil, Josef Kalas, Michal Veselý). Výzkum je orientován na asymptotickou teorii diferenciálních rovnic, včetně rovnic se zpožděním a rovnic neutrálního typu. Tyto rovnice mají široké aplikace v přírodních vědách, lékařství a ekonomii. Jde zejména o problematiku asymptotiky, oscilace a stability řešení, a o otázky spojené s okrajovými úlohami na neohrazených intervalech a numerickými diskretizacemi těchto rovnic. Důležitou součástí výzkumu je oscilační teorie pololineárních diferenciálních a diferenčních rovnic Eulerova typu.

Limitně periodické a skoroperiodické systémy (Petr Hasil, Michal Veselý). Jádrem tohoto výzkumu je analýza chování řešení lineárních systémů s neperiodickými koeficienty. Periodické (tj. s periodickými vstupními daty na pozici koeficientů) diferenciální a diferenční lineární rovnice

a systémy patří k nejčastěji používaným spojitým a diskrétním modelům různých (nejen přírodních) dějů. Pokud je nahrazen předpoklad ryzí periodičnosti obecnějším případem limitní periodičnosti či skoroperiodičnosti studovaných veličin, lze jako řešení uvažovaných rovnic a systémů obdržet specifické funkce a posloupnosti, které nemohou být řešeními ve striktně periodickém případě. To je ve shodě s pozorováním v mnoha situacích, kdy periodické modely neumožňují dostatečně přesný popis jevů. V rámci výzkumu je kladen důraz právě na studium těch řešení, která se významně liší od řešení periodických systémů, tj. na popis množin neskoroperiodických a neasymptoticky skoroperiodických řešení.

Hamiltonovské a symplektické systémy (Peter Šepitka, Roman Šimon Hilscher, Petr Zemánek). Hlavním objektem studia jsou hamiltonovské diferenciální systémy a jejich diskrétní analogie symplektické systémy – tyto systémy jsou úzce spjaty s optimálními procesy v přírodě, vědě a technice. Výzkum je zaměřen např. na témata: (i) struktura systémů, jejich perturbace a transformace, (ii) oscilační a asymptotické vlastnosti řešení a Sturmova-Liouvilleova teorie, (iii) spektrální vlastnosti systémů a přidružených operátorů, Weylova-Titchmarshova teorie, (iv) sjednocená teorie pro spojitě a diskrétní symplektické systémy na časových škálách, (v) aplikace v jiných oblastech matematiky, např. ve variačním počtu, optimálním řízení, LQR problémech, apod.

Variační počet a optimální řízení (Roman Šimon Hilscher, Petr Zemánek). Jde o matematickou teorii podmínek optimality prvního a druhého řádu pro optimalizační úlohy variačního počtu a optimálního řízení. Výzkum se týká např. těchto témat: nutné podmínky optimality, postačující podmínky optimality, slabý Pontrjaginův princip, izoperimetrické úlohy či obecněji úlohy s omezeními, Hamiltonova-Jacobiho teorie (dynamické programování), problém lineární-kvadratické regulace (LQR problém), struktura a řešitelnost Riccatiho rovnic. Ve výzkumu uvažujeme spojitě i diskrétní optimalizační úlohy i jejich sjednocenou teorii na časových škálách.

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ A STATISTIKA

Matematické modelování (Zdeněk Pospíšil, Martin Kolář, Petr Lánský, Ondřej Pokora, Lenka Příbylová). Výzkumné aktivity jsou zaměřeny na tvorbu deterministických a stochastických matematických modelů reálných procesů, jejich analýzu, numerickou simulaci a počítačovou implementaci (matematická prostředí Matlab, Maple, R, Matcont, Xppaut). Jedná se zejména o modely z oborů biomedicíny, ekologie, ekonomie, epidemiologie, neurofyziologie a inženýrství. Matematické modely uvedených procesů přitom využívají zejména diferenciálních a diferenčních rovnic, stochastických diferenciálních rovnic a metod numerické matematiky a

statistiky. Členové týmu spolupracují např. s VUT, Univerzitou obrany, FN Brno, Biologickým centrem AV ČR, Fyziologickým ústavem AV ČR, Ústavem religionistiky FF MU a Bicont Laboratory, s.r.o.

Statistika a analýza dat (Ivana Horová, Marie Budíková, Marie Forbelská, Stanislav Katina, Jan Kolářek, Andrea Kraus, David Kraus, Radim Navrátil, Iveta Selingerová, Gejza Wimmer, Jiří Zelinka). Výzkum v týmu zahrnuje: parametrické, neparametrické a robustní statistické metody, jádrové odhady hustoty, regresní funkce a rizikové funkce, analýzu přežití, časové, prostorové a časo-prostorové splajnové vyhlazování, analýzu tvaru a obrazu, statistickou grafiku, diskriminační analýzu, zobecněné lineární modely, statistické modely pro elipticky vrstevnicová rozdělení, ROC křivky, odhadování a testování procedur v nevyvážených heteroscedastických modelech a v modelech odhadů parametrů kalibrační funkce, statistická inference pro stochastické procesy, analýza funkcionálních dat, statistické inverzní problémy, difuzní procesy, analýza časových řad, zpracování signálu, epidemické procesy a modely, větvící procesy, bodové procesy, analýza neúplných a chybějících dat, implementace do jazyků R a MATLAB, a v neposlední řadě aplikace na reálná data. Tým spolupracuje s mnoha domácími i zahraničními pracovišti, mimo jiné s Ústavem antropologie Masarykovy univerzity; s Ústavem imunologie 2. lékařské fakulty Univerzity, s Fakultní nemocnicí u sv. Anny; s Masarykovým onkologickým ústavem; s Veterinární a farmaceutickou univerzitou Brno; s Ortopedickou klinikou Jesseniovy lékařské fakulty Univerzity Komenského v Martině; s Katedrou fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecké fakulty, Univerzity Komenského, Bratislava; s Ústavem normální a patologické fyziologie a Neuroimunologickým ústavem Slovenské akademie věd v Bratislavě; s Institute of Clinical, Biological and Differential Psychology, Faculty of Psychology, University of Vienna ve Vídni; se School of Mathematics and Statistics, The University of Glasgow, Scotland, UK; s Royal College of Surgeons in Ireland, Dublin, Ireland; s Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne; s Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, Lausanne; s Universität Bern; s Universitätsspital Bern; s Universität Zürich; s Universitätsspital Zürich; s Ústavem teorie informace a automatizace AV ČR Praha; s Ústavem informatiky AV ČR Praha.

DALŠÍ AKTIVITY

V oblasti matematického vzdělávání (Jaromír Šimša, Roman Plch) se zaměřujeme na problémy středoškolské matematiky a přípravu učitelů matematiky v bakalářském, magisterském a doktorském studiu. Speciální pozornost je věnována strategiím řešení různých matematických úloh pro nadané středoškolské studenty a využití počítačů a e-learningu ve výuce matematiky.