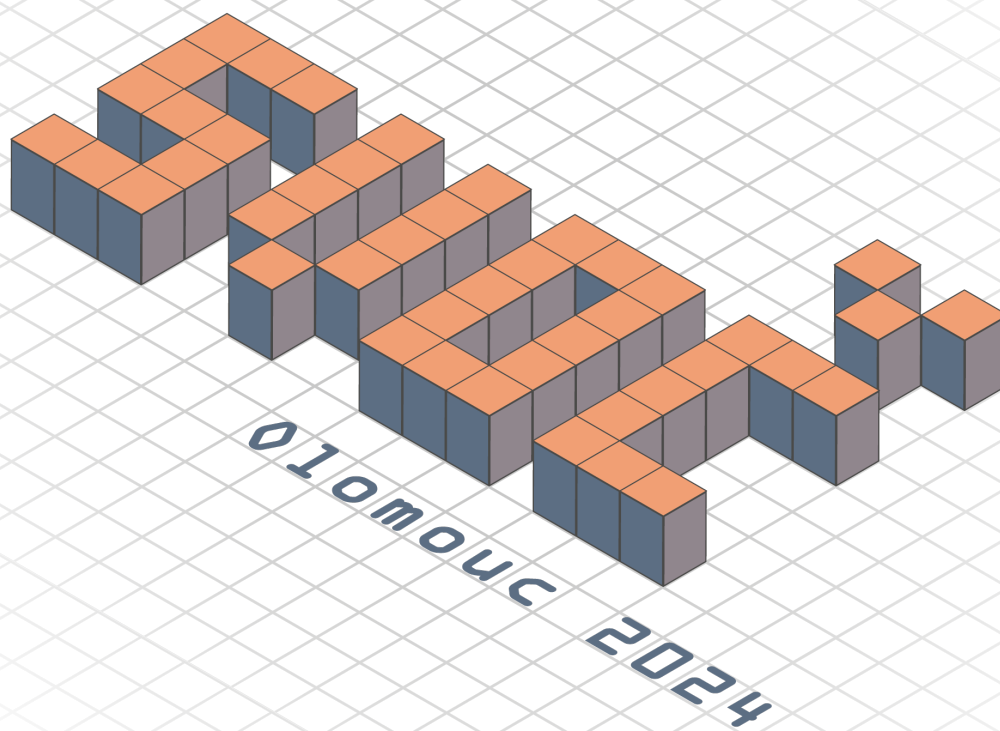


# Studentská soutěž SVOČ 2024 v matematice a informatice 24. ročník

Finále 26.-28. 5. 2024, Olomouc



**Sborník abstraktů**

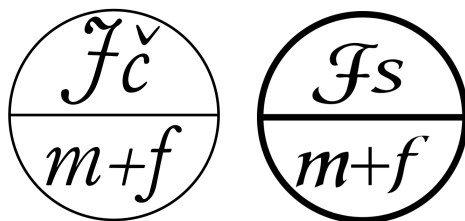
## SVOČ 2024

Soutěž studentů vysokých škol ve vědecké odborné činnosti v matematice a informatice

Olomouc, 26.–28. května 2024

## Vyhlašovatel

Česká matematická společnost, sekce Jednoty českých matematiků a fyziků,  
Slovenská matematická spoločnosť, sekcia Jednoty slovenských matematikov a fyziků



## Pořadatel

Katedra matematické analýzy a aplikací matematiky  
Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci



Přírodovědecká  
fakulta

*Vážení účastníci, porotci a soutěžící,*

*srdečně vás vítáme na závěrečném kole Soutěže studentů vysokých škol ve vědecké činnosti v matematice a informatice, pořádané Katedrou matematické analýzy a aplikací matematiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Letos se po šestnáctileté pauze soutěž vrací znovu do Olomouce, města s bohatou akademickou tradicí a dějiště významných vědeckých a kulturních událostí. Těšíme se na vaši aktivní účast, která jistě přinese nové impulsy a myšlenky do této živé akademické komunity. Tato soutěž, známá jako SVOČ, je významnou platformou pro objevování a podporu nových vědeckých talentů ve světě matematiky a informatiky. Ačkoliv se místo konání soutěže v průběhu let mění, její základní poslání zůstává stejné: motivovat a podporovat mladé vědce v jejich akademickém rozvoji.*

*Matematika a informatika jsou klíčové disciplíny v éře rychle se rozvíjejících moderních technologií a společenského pokroku. Vaše účast v této soutěži ukazuje ochotu a schopnost řešit složité výzvy v matematických a informatických disciplínách, jako jsou matematická analýza, pravděpodobnost, statistika, ekonometrie, matematické struktury a aplikovaná matematika, stejně jako teoretická a aplikovaná informatika. Tato šíře témat odráží důležitost vašeho vědeckého přínosu a inovativního přístupu k řešení aktuálních problémů.*

*Tato soutěž nabízí vám, mladým vědcům, ideální prostředí k prezentaci vašich schopností a k příspěvku do komunity, která se neúnavně snaží posouvat hranice možného ve světě vědy a technologií. Oceňujeme váš zápal a energii, kterou jste vložili do svého výzkumu a přípravy soutěžních prací. Doufáme, že vám tato soutěž poskytne zasloužené uznání od vašich kolegů i porotců a že vám toto ocenění poslouží jako motivace pro další kariéru. Věříme, že závěrečné kolo soutěže pro vás bude nejen soutěží, ale i inspirací a potvrzením, že vaše práce má skutečný význam.*

*Na závěr bychom rádi vyjádřili upřímné poděkování všem těm, kteří se dlouhodobě a obětavě věnují organizaci soutěže SVOČ. Konkrétně se jedná o vyhlášeovatele soutěže, kterými jsou Česká matematická společnost Jednoty českých matematiků a fyziků a Slovenská matematická spoločnosť Jednoty slovenských matematikov a fyzikov. Velké poděkování patří zejména členům místního organizačního výboru závěrečného kola, doktoru Pavlu Ludvíkovi, magistře Zuzaně Bartoškové a docentu Janu Tomečkovi. Dále také děkujeme Přírodovědecké fakultě za poskytnutí učeben a Katedře informatiky PřF za poskytnutí dvou svých členů jakožto porotců této soutěže. Speciální poděkování si zaslouží RSJ Foundation za štědrnou finanční podporu soutěže a Seznam.cz za věcný dar Apple MacBook. Dále děkujeme RNDr. Martinu Trnečkovi, Ph.D., za vyhotovení a správu webové stránky soutěže a Mgr. Jakubu Koníčkoví za jeho kreativní práci na logu, grafickém návrhu triček a diplomů.*

*Přejeme vám všem příjemný pobyt v Olomouci, soutěžícím mnoho úspěchů při prezentování svých prací, a porotcům moudré rozhodování při výběru těch nejlepších prací.*

*Za pořadatele závěrečného kola,*

*doc. RNDr. Jitka Machalová, Ph.D.  
vedoucí Katedry matematické analýzy a aplikací matematiky*

# Obsah

<b>Program</b>	<b>9</b>
<b>Mapa okolí místa soutěže</b>	<b>10</b>
<b>Propozice 24. ročníku SVOČ 2024</b>	<b>11</b>
Přihlašování účastníků . . . . .	12
Odevzdávání prací . . . . .	12
Průběh závěrečného kola soutěže . . . . .	13
GDPR . . . . .	13
<b>Sekce M1 + M2</b>	<b>14</b>
Vlastnosti integrálních operátorů na Orliczových prostorech <i>Tomáš Beránek, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	14
Sbírka řešených příkladů - metrické prostory <i>Ondřej Karbaš, MU, Brno, Přírodovědecká fakulta</i> . . . . .	14
Maximal non-compactness of operators and embeddings <i>Anna Kneselová, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	14
Fine properties of functions and operators <i>David Kubíček, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	15
Extension of Sobolev homeomorphisms <i>Jaromír Mielec, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	15
Lipschitz-free spaces and actions of groups <i>Tomáš Raunig, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	16
Optimal discrete Hardy inequalities of higher order <i>Jakub Waclawek, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i> . . . . .	16
Vlastní čísla Orrovy Sommerfeldovy rovnice pro rovinné Couettovo proudění <i>Vojtěch Kloud, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	16
Diferenciální rovnice a jejich aplikace v kosmonautice <i>Eris Krejsů, MU, Brno, Přírodovědecká fakulta</i> . . . . .	16
The Wave Equation with Dirac Damping <i>Mikuláš Kučera, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i> . . . . .	17

<b>Sekce M3 + M4</b>	<b>18</b>
Řídké regresní modely	
<i>Samir Bessiso, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	18
Statistická analýza dvourozměrných hustot v Bayesových prostorech	
<i>Adéla Czolková, UP, Olomouc, Přírodovědecká fakulta</i>	18
A copula-based scenario generation method for discrete data	
<i>Ondřej Komora, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	19
Linear Model Selection by Cross-Validation	
<i>Aibat Kossumov, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	19
Competing risk models as an extension of standard survival analysis	
<i>Jaromír Macoun, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	20
Bivariate Simplicial Depth: Explicit Expression, Computation, and Applications	
<i>Erik Mendroš, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	20
Analýza archetypov, jej aplikácie a meranie polarizácie v dátach	
<i>Vendelín Vincze, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	21
Testovanie presnosti DEA modelov založených na parametrickej ceste	
<i>Bernadett Bertóková, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a in-</i> <i>formatiky</i>	21
Dense Zeros	
<i>Jan Hanousek, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	22
Multiplikatívne chybové modely časových radov a odhady ich parametrov	
<i>Ondrej Kusenda, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	22
Solver pre neradiálne DEA modely	
<i>Adrián Pauer, Mária Trnovská, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fy-</i> <i>ziky a informatiky</i>	23
Věty o univerzalitě a konzistenci neuronových sítí	
<i>Petr Raab, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	23
<b>Sekce M5 + M6</b>	<b>24</b>
Abstraktní derivace	
<i>Jakub Baloun, UP, Olomouc, Přírodovědecká fakulta</i>	24
Barvicí invarianty uzlů	
<i>Ondřej Chwiedziuk, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	24
Cardinality of the lattice of multi-sorted clones on a two-element domain	
<i>Vojtěch David, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	25
Cykly translací v souvislých quandlech	
<i>Filip Filipi, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	25
Countable dense homogeneity	
<i>Michal Hevessy, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	26
Klasifikace konečně dimenzionálních modulů nad řetězcovými algebami	
<i>Ondřej Macháč, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	26
Combinatorial structure of graph drawings	
<i>Filip Čermák, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	27

Dolné ohraničenia maximálnej hodnoty netriviálnych čiastočných automorfizmov jednoduchých grafov <i>Valter Cingel, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i> . . . . .	27
Manhattan and Chebyshev nowhere-zero flows <i>Lukáš Gáborik, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i> . . . . .	27
Estimation of vertex-transitive numbers for simple graphs <i>Štefánia Glevitzká, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i> . . . . .	28
Weak saturation processes in multipartite hypergraphs <i>Adam Rajský, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	28
<b>Sekce M7 + M8</b>	<b>29</b>
Domain decomposition methods for the solution of partial differential equations using discontinuous Galerkin method <i>Tomáš Hammerbauer, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	29
The complementary volume method for hydrological modeling and its computational implementation in the environmental software NaturaSat <i>Ivana Piačková, STU, Bratislava, Stavebná fakulta</i> . . . . .	29
Optimalizační algoritmy pro trénování neuronových sítí <i>Jiří Szotkowski, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	30
Aerodynamika v okolí cyklistu <i>Ema Podhorná, STU, Bratislava, Stavebná fakulta</i> . . . . .	30
Řešení Zermelova navigačního problému pomocí level-set metody <i>Pavol Šimkovič, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	30
Magnetické jevy ve spektru laterálně vázaných vrstev <i>Ondřej Šrámek, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i> . . . . .	31
Numerické modelovanie šírenia ohňa <i>Filip Šubín, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i> . . . . .	31
<b>Sekce I1 + I2</b>	<b>32</b>
Representation of complex numbers in redundant numeration systems <i>Adam Blažek, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i> . . . . .	32
Improving current approaches to Min-Power Symmetric Connectivity <i>Richard Hartmann, ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií</i> . . . . .	33
Operational state complexity of union, intersection and concatenation over unary automata with half of the states final <i>Petra Plšková, UPJŠ, Košice, Přírodovědecká fakulta</i> . . . . .	33
Masked superstrings for efficient k-mer set representation and indexing <i>Ondřej Sladký, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i> . . . . .	33
Umělá inteligence v počítačových hrách <i>Anna Krajčířová, SU, Opava, Filozoficko-přírodovědecká fakulta</i> . . . . .	34

Kernel estimates of pedestrian density applied in simulation of recreational pedestrian movement <i>Tomáš Novotný, ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií . . . . .</i>	35
Automatic inflection in Czech language <i>Tomáš Sourada, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta . . . . .</i>	35
Exploring Advanced Reasoning Abilities of Large Language Models in Slovak <i>Adam Zahradník, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	36
<b>Sekce I3 + I4</b>	<b>37</b>
Automatic Mesh Generation for Realistic Human Avatars <i>Martin Halaj, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky .</i>	37
Utilization of aerial laser scanning point cloud data for the study of habitats <i>Tomáš Homola, STU, Bratislava, Stavebná fakulta . . . . .</i>	37
Monitorovanie validity, funkčnosti a bezpečnosti internetových SSL certifikátov <i>Ján Kelemen, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky .</i>	38
Analýza vzťahov medzi foreznými artefaktami s využitím teórie grafov <i>Sophia Petra Krišáková, UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta . . . . .</i>	38
Identifikácia relevantných digitálnych stôp pri foreznom vyšetovaní <i>František Kurimský, UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta . . . . .</i>	38
Adaptívne riadenie robota Artabana <i>Zuzana Mačicová, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	39
<b>Jmenný rejstřík</b>	<b>41</b>



## Program

### 26. 5. 2024 (neděle)

14:00 – 17:00 a 18:00 – 23:00	ubytování na Kolejích gen. Svobody
17:00 – 19:00	večeře (Bistro B6 v 6. patře PŘF),
18:00 – 19:00	školení porotců v učebně 5.007 (5. patro PŘF)

### 27. 5. 2024 (pondělí)

7:00 – 8:00	snídaně (Menza 17. listopadu)
8:30 – 9:00	registrace (před Aulou PŘF, 2. patro, místnost 2.001)
9:00 – 10:00	zahájení, úvodní slovo (Aula PŘF)
10:15 – 15:30	jednotlivé sekce v učebnách (přízemí PŘF)
12:00 – 13:00	přestávka na oběd (Menza 17. listopadu)
16:00 – 18:00	prohlídka města s průvodcem, exkurze varhan v Kostele sv. Mořice (sraz před budovou PŘF v 16:00)
18:00 - 22:00	slavnostní raut (6. patro PŘF)

### 28. 5. 2024 (úterý)

7:30 – 8:30	snídaně (Menza 17. listopadu)
do 10:00	check-out na Kolejích gen. Svobody
8:45 – 11:00	úschova zavazadel v učebně 5.007 (5. patro PŘF)
9:00 – 11:00	vyhlášení výsledků soutěže (Aula PŘF)



On-line informace lze najít na stránkách celostátního kola SVOČ 2024 na adrese <https://svoc2024.prf.upol.cz/>.

## Propozice 24. ročníku SVOČ 2024

1. Vyhlašovatelem soutěže SVOČ je Česká matematická společnost, sekce Jednoty českých matematiků a fyziků a Slovenská matematická spoločnosť Jednoty slovenských matematikov a fyzikov.
2. Závěrečné kolo 24. ročníku soutěže se uskuteční ve dnech 26. – 28. května 2024 v Olomouci. Pořadatelem závěrečného kola je Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci. Termín pro zúčastněné fakulty k přihlášení účastníků do závěrečného kola soutěže je 26. dubna 2024. Termín pro elektronické odevzdání prací studenty je 26. dubna 2024. Webová stránka soutěže je <http://jcmf.cz/svoc>.
3. Soutěž probíhá v následujících sekcích:
  - (M1) Matematická analýza - teorie funkcí a prostory funkcí,
  - (M2) Matematická analýza - teorie diferenciálních a integrálních rovnic,
  - (M3) Teorie pravděpodobnosti a matematická statistika,
  - (M4) Ekonometrie a finanční matematika,
  - (M5) Matematické struktury - algebra, topologie a geometrie,
  - (M6) Matematické struktury - teorie grafů a kombinatorika,
  - (M7) Aplikovaná matematika - numerická analýza,
  - (M8) Aplikovaná matematika - matematické modely dynamiky,
    - (I1) Teoretická informatika,
    - (I2) Umělá inteligence,
    - (I3) Počítačová grafika a počítačové vidění,
    - (I4) Aplikovaná informatika a softwarové inženýrství.
4. V případě, že v některé sekci bude přihlášeno méně než 6 prací, může řídicí výbor SVOČ rozhodnout o sloučení této sekce s příbuznou sekci, případně přerozdělit sekce jiným způsobem podle počtu a zaměření jednotlivých prací (obvykle v případě menšího počtu prací dochází ke sloučení sekcí s čísly  $2n-1$  a  $2n$ ).
5. Řídicí výbor sestavuje zpravidla tříčlenné poroty jednotlivých sekcí. Člen poroty nesmí být vedoucím žádné práce soutěžící v dané sekci.

## Přihlašování účastníků

6. Do závěrečného kola SVOČ studenty přihlašují fakulty vysokých škol působících v ČR nebo SR. Každá fakulta může do každé sekce přihlásit nejvýše 5 prací. Výběr prací mohou fakulty uskutečnit prostřednictvím fakultních kol soutěže nebo jiným vhodným způsobem podle vlastního uvážení. Termíny a organizace fakultních soutěží a způsob výběru prací je věcí jednotlivých fakult.
7. Soutěže se mohou zúčastnit pouze osoby, které jsou v čase zaslání přihlášky studenty dosud neukončeného bakalářského, magisterského, inženýrského nebo jiného obdobného studia na dané fakultě a nemají v čase zaslání přihlášky ukončené magisterské, inženýrské nebo obdobné studium v oblastech zaměření soutěže.
8. Přihlášku obsahující seznam soutěžních prací fakulta zašle nejpozději do 26. dubna 2024 e-mailem na adresu [svoc@jcmf.cz](mailto:svoc@jcmf.cz). U každé práce v seznamu musí být uveden její název, jména autorů a sekce, do které je práce přihlášena.

## Odevzdávání prací

9. Elektronickou verzi práce každý účastník odevzdá nejpozději do 26. dubna 2024 prostřednictvím elektronického formuláře přístupného na webové stránce závěrečného kola soutěže. Prostřednictvím elektronického formuláře je třeba odevzdat: abstrakt práce, text práce a naskenovaný posudek vedoucího práce nebo jiného vědecko-pedagogického pracovníka fakulty. Jeden vytištěný a pevně svázaný exemplář práce (například kroužkovou vazbou) s podepsaným originálem posudku práce účastník přiveze s sebou na soutěž a odevzdá při registraci.
10. Abstrakt, text práce a posudek musí být napsány v češtině, slovenštině, nebo angličtině.
11. Abstrakt délky maximálně jedné strany A5 obsahuje jen vlastní text ve formátu PlainTeX (bez uvedení jmen autorů, názvu práce a školy/fakulty). Je v něm mimo jiné vymezen vlastní přínos autorů, případně vztah k diplomové/bakalářské práci nebo k pracím podaným do SVOČ v předchozích letech nebo jiných soutěží podobného charakteru.
12. Elektronický text práce se odevzdává ve formátu PDF se zabudovanými fonty. Na titulní straně soutěžní práce musí být uvedeno, že se jedná o práci pro soutěž SVOČ 2024. Elektronická verze posudku se odevzdává ve formátu PDF se zabudovanými fonty nebo ve formátu JPEG. V posudku musí být kromě jiného přesně vymezen přínos autorů.
13. Další technické pokyny mohou být zveřejněny na webové stránce závěrečného kola soutěže.

## Průběh závěrečného kola soutěže

14. Za každou přihlášenou práci se závěrečného kola zúčastní právě jeden soutěžící, který je v přihlašovací formuláři uveden jako zodpovědný autor.
15. V rámci závěrečného kola soutěžící přednese referát o své soutěžní práci. Nejlepší práce budou oceněny diplomy a finančními odměnami. Soutěžní práce budou hodnoceny podle následujících kritérií:
  - vlastní výsledky a přínos práce,
  - celkové zpracování práce,
  - přednes referátu o práci během závěrečného kola a reakce na případné dotazy.
16. Soutěžícím a porotcům závěrečného kola SVOČ bude zajištěno bezplatné ubytování a stravování. Úhradu cestovného si účastníci zabezpečí sami. Spoluautoři soutěžních prací se v případě zájmu mohou zúčastnit jako posluchači. Pořadatelé od nich v takovém případě mohou požadovat příspěvek na náklady spojené s jejich účastí.

## GDPR

17. Pro zajištění vysoké odborné úrovně a objektivního hodnocení výsledků soutěže je seznam soutěžních prací závěrečného kola SVOČ zveřejněn v rozsahu jména a příjmení autorů, škola, název a abstrakt soutěžní práce.
18. Osobní údaje vyplňované v registračním formuláři pořadatelé nutně potřebují k úspěšnému zorganizování soutěže a bez jejich poskytnutí je účast v soutěži vyloučena. Uchovávají se tedy, v souladu s předpisy, po dobu nezbytnou a později mohou být použity pro účely vědecké a archívní.
19. Místní pořadatel může v místě soutěže požádat soutěžící o písemný souhlas s pořizováním a zveřejňováním fotografií a dalších audiovizuálních záznamů, na kterých bude patrná totožnost soutěžících. Souhlas žádaný místními pořadateli na místě soutěže ohledně zveřejňování audiovizuálních záznamů vyžadujících souhlas není nutnou podmínkou účasti a případný nesouhlas nemá vliv na případné umístění a ocenění soutěžní práce.

## Sekce Matematická analýza

### M1: teorie funkcí a prostory funkcí

+

### M2: teorie diferenciálních a integrálních rovnic

*Porotci:*

*Mgr. Martin Křepela, Ph.D. (FEL ČVUT, Praha)*  
*prof. RNDr. Daniel Ševčovič, DrSc. (FMFI UK, Bratislava)*  
*prof. RNDr. dr hab. Jan Andres, DSc. (PřF UP, Olomouc)*

### Vlastnosti integrálních operátorů na Orliczových prostorech

*Tomáš Beránek*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

V mnoha různých odvětvích matematické analýzy se při práci s prostory funkcí objevují problémy optimality, kdy se otázka výběru jak přístupného, tak expresivního prostoru funkcí stává netriviální. Dobrou střední cestu poskytují Orliczovy prostory, které jsou parametrizovány jednou Youngovou funkcí, a jsou tak přístupné a rozsáhlé. V této práci studujeme problémy optimality Sobolevových vnoření na maz'ovských třídách eukleidovských oblastí, které jsou definovány pomocí jejich isoperimetrického chování. Dokážeme neexistenci optimálních Orliczových prostorů v určitých Orliczových–Sobolevových vnořeních v limitní (kritické) situaci, jejíž zásadním speciálním případem je vnoření Brezise a Waingera pro Johnovy oblasti.

### Sbírka řešených příkladů - metrické prostory

*Ondřej Karbaš*

*MU, Brno, Přírodovědecká fakulta*

V této práci prostudujeme metrické prostory. Práce je zaměřena na didaktiku matematiky, neboť látku podává gradovaně a vede studenta otázkami k samostatnému studiu metrických prostorů. Začneme rozeznáváním metrik od nemetrik, u známých metrik si uvedeme i jejich běžná pojmenování. Budeme se také věnovat obecným transformacím metrik, tj. jakými konstrukcemi lze převést metriku na jinou metriku a jakými ne. Dále si ukážeme praktické využití metrických prostorů v autokorekci. V další sekci se podíváme na koncept otevřených a uzavřených množin a jak souvisí se stejnojmennými koncepty v topologii. Navíc si ukážeme i některé vlastnosti spojitých zobrazení a jak souvisí se spojitými zobrazeními v topologických prostorech. Úplně nakonec se podíváme na konstrukce metrik na součinových a faktorových prostorech.

**Maximal non-compactness of operators and embeddings***Anna Kneselová**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

V práci se zabývám takzvanou maximální nekompaktností identického operátoru (vnoření) na prostorech posloupností. Operátor se nazývá maximálně nekompaktní jestliže jeho míra nekompaktnosti splývá s operátorovou normou. Odvozuji obecná tvrzení, ve kterých formuluji nutnou a postačující podmínku pro maximální nekompaktnost identického operátoru na prostorech posloupností. Následně se zabývám studiem Lorentzových prostorů posloupností, vnořeními mezi nimi a zda jsou tato vnoření maximálně nekompaktní. Výsledky prezentované v této SVOČ hodlám uplatnit jako Bakalářskou práci.

**Fine properties of functions and operators***David Kubíček**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

We establish the equivalence between the boundedness of supremum operators and optimal spaces in Sobolev embeddings. We do this by exploiting known relations between higher-order Sobolev embeddings and isoperimetric inequalities. We provide an explicit way to compute both the optimal domain norm and the optimal target norm in a Sobolev embedding. Finally, we apply our results to higher-order Sobolev embeddings on John domains and on domains from the Maz'ya classes. Furthermore, our results are partially applicable to embeddings involving product probability spaces. The results of the text are original. The text will be used as author's master thesis.

**Extension of Sobolev homeomorphisms***Jaromír Mielec**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

The goal of this thesis is to study the extension of Sobolev homeomorphisms. Our main result is the extension of Sobolev homeomorphisms between Lipschitz domains in a general  $d$ -dimensional space, which is a new result. We also study the properties of  $C^{k,\alpha}$  domains and show that for a  $C^{k,\alpha}$  domain  $\Omega$  there exists a bi- $C^{k,\alpha}$  homeomorphism  $\Phi$  (both the function  $\Phi$  and its inverse  $\Phi^{-1}$  are  $C^{k,\alpha}$ ) such that  $\Phi(\Omega)$  is a  $C^\infty$  domain. The paper is based on author's master thesis and no part of this work has been submitted to SVOČ or similar competition before.

**Lipschitz-free spaces and actions of groups***Tomáš Raunig**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

The work is split into two parts. In the first one, we describe an algorithm for computation of the Lipschitz-free  $p$ -norm and then apply it to show that, for Lipschitz-free  $p$ -spaces constructed over metric spaces, the canonical embeddings are isomorphisms. In the second part, we study actions of groups on the spaces  $Lip_0$  which arise as dual actions to actions induced on Lipschitz-free spaces. We focus on a related question recently asked by D. Kazhdan and A. Yom Din. After laying out some groundwork, we give new positive results for some special cases.

The results of the first part are based on a joint paper with Marek Cúth and the second part contains unpublished original results. They will be used in the author's master thesis.

**Optimal discrete Hardy inequalities of higher order***Jakub Waclawek**ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská*

We prove sufficient conditions on a parameter sequence to determine optimal weights in inequalities for an integer power  $l$  of the discrete Laplacian  $\Delta$  on the half-line. By a concrete choice of the parameter sequence, we obtain explicit optimal discrete Hardy weights of order  $l$ . For  $l = 1$ , we rediscover the optimal Hardy weight of Keller–Pinchover–Pogorzelski. For  $l = 2$ , we improve upon the best known Rellich weights due to Gerhat–Krejčířík–Štampach and Huang–Ye. For  $l \geq 3$ , our main result proves a conjecture by Gerhat–Krejčířík–Štampach and improves the classical discrete weights due to Huang–Ye to optimal weights. In an expanded form, this work will be used as the author's bachelor's thesis.

**Vlastní čísla Orrovy Sommerfeldovy rovnice pro rovinné Couettovo proudění***Vojtěch Kloud**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

In this thesis, we will be studying the Orr–Sommerfeld equation, namely its eigenvalues, which can directly be used to determine the stability of Plane Couette flow. We will be examining in great detail the paper by Romanov, whose results we will further solidify by running its numerical part on much newer software, further suggesting the stability of plane Couette flow. The approach discussed in this thesis could further be used to tackle different stability problems in the future.



**Diferenciální rovnice a jejich aplikace v kosmonautice***Eris Krejsů**MU, Brno, Přírodovědecká fakulta*

V této práci se věnujeme čtyřem úlohám v oblasti kosmonautiky, které řešíme pomocí diferenciálních rovnic. Jde o výpočet druhé a třetí kosmické rychlosti, jejichž hodnoty jsou v literatuře obvykle získány jinými metodami, a dále o popis pohybu tělesa meziplanetárním prostorem a odvození vztahu pro apsidální precesi planety či měsíce.

Výsledky v práci uvedené autorka uplatnila jako svoji (úspěšně obhájenou) bakalářskou práci v akademickém roce 2022/2023. V soutěži SVOČ ani dalších podobných soutěžích dosud žádný z výsledků uplatněn nebyl.

**The Wave Equation with Dirac Damping***Mikuláš Kučera**ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská*

Spectral theory is a potent tool in investigating the damped wave equation. First, we introduce the basics of the theory of unbounded operators and the notion of a Riesz basis in a Hilbert space. We reformulate the wave equation with Dirac damping in terms of an unbounded operator in a particular Hilbert space. We show that its purely discrete spectrum is determined by the roots of an entire function. We use this knowledge to describe properties of the eigenvalues and to solve the problem of the optimal damping for its simple placements. We find explicit formulas for the generalised eigenfunctions and show a symmetry result for the adjoint operator. We calculate the trace of the real part of the inverse and a related spectral characteristic. Invoking the Livšic trace criterion, we disprove the Riesz basis property of the root vectors for a certain critical value of the damping parameter. Finally, we determine the Riesz basis property for a general placement of any real-valued Dirac damping.

## Sekce

### M3: Teorie pravděpodobnosti a matematická statistika

+

### M4: Ekonometrie a finanční matematika

*Porotci:*

*RNDr. Radim Navrátil, Ph.D. (PřF MU, Brno)*  
*doc. RNDr. Daniel Klein, PhD. (PríF UPJŠ, Košice)*  
*doc. Mgr. Ondřej Vencálek, Ph.D. (PřF UP, Olomouc)*

#### Řídké regresní modely

*Samir Bessiso*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Metoda lasso je jednou ze základních regularizačních metod v lineárním regresním modelu. Hlavními přednostmi metody lasso je výpočetní nenáročnost a produkce řídkých odhadů. V této práci se zprvu zabýváme odhadem metodou obyčejných nejmenších čtverců v lineárním regresním modelu a uvádíme motivaci pro využití regularizovaných odhadů. Následně předpokládáme řídký lineární regresní model a zkoumáme vlastnosti odhadu metodou lasso. Uvádíme specifikaci podmínek pro jednoznačnost odhadu metodou lasso pro centrovaná data a odvození uzavřeného tvaru odhadu metodou lasso v  $\mathbb{R}^2$  pro standardizované vysvětlující proměnné. Rovněž se zabýváme metodou lasso jakožto metodou Bayesovské statistiky. Tato práce je částí autorovy diplomové práce.

#### Statistická analýza dvourozměrných hustot v Bayesových prostorech

*Adéla Czolková*

*UP, Olomouc, Přírodovědecká fakulta*

Reprezentace dvourozměrných hustot rozdělení pravděpodobnosti v Bayesových prostorech umožňuje při reformulaci marginálních hustot jejich ortogonální rozklad na interakční a nezávislou část. Navíc, díky izometrickému izomorfismu, tzv. centrované log-podílové transformaci, můžeme hustoty, jejichž druhé mocniny logaritmu mají konečný integrál, zobrazit z Bayesova prostoru do prostoru reálných funkcí a následně lze transformovanou interakční část hustoty ještě dále rozložit pomocí singulárního rozkladu. Transformované hustoty nebo jejich části pak také můžeme analyzovat užitím populárních metod analýzy funkcionálních dat, jako je například funkcionální metoda hlavních komponent (tu můžeme aplikovat jak na celé/nerozložené dvourozměrné hustoty, tak na

jednotlivé části jejich ortogonálního rozkladu). V této práci jsou popsány a dále rozvinuty dosavadní poznatky v této oblasti (rozklad interakční části hustoty, ekvivalence různých formulací funkcionální analýzy hlavních komponent u nezávislé části hustoty pro diskretizovaná data), a všechny teoretické postupy jsou navíc ilustrovány na reálném datovém souboru.

Tato soutěžní práce je současně mou diplomovou prací a je též přihlášena do studentské vědecké soutěže Přírodovědecké fakulty UP O cenu děkana.

### **A copula-based scenario generation method for discrete data**

*Ondřej Komora*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Stochastic optimization relies heavily on scenario generation, which has a large impact on the tractability of optimization methods and the quality of obtained solutions. Despite its importance, scenario generation for discrete data is rarely studied and even when it is, it often involves a problem-oriented method. However, the development of these methods is resource-intensive, resulting in a situation where viable easy-to-use alternatives to sampling are missing. In this work, we attempt to remedy the situation by proposing a new copula-based scenario generation method for discrete data. The method is based on extending discrete random variables and subsequent use of so-called extension copula. We demonstrate the effectiveness of this method on the stochastic knapsack problem by using several metrics like in-sample stability, out-of-sample evaluation gap, and optimality gap. Our results show that our method outperforms sampling and can serve as a more challenging benchmark for problem-oriented methods.

### **Linear Model Selection by Cross-Validation**

*Aibat Kossumov*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Cross-validation is a technique in statistics used to evaluate the performance of predictive models. By systematically partitioning data into training and validation sets, cross-validation assesses a model's capability to predict unseen data. Here, the focus lies on the selection of a model with the best predictive ability among a class of linear models. For a long time, the popular method for linear models has been the leave-one-out cross-validation (LOOCV) due to its computational simplicity. Unfortunately, it turns out that this method is not asymptotically consistent in the sense that the probability of selecting the model with the best predictive ability does not converge to 1 as the total number of observations goes to infinity. Therefore, in 1993, Jun Shao proposed alternative cross-validation methods such as Balanced Incomplete Cross-Validation (BICV), which are asymptotically consistent. Based on this paper, detailed theoretical results are provided, and then the studied methods are applied to real data from parliamentary and presidential

elections in the Czech Republic in 2021 and 2023. It turned out that in order to see the obvious advantages of BICV over LOOCV, the assumption of homoscedasticity is very important, which is often difficult to meet for real data. However, it has been demonstrated that even in our data where homoscedasticity is substantially violated, if LOOCV outperforms BICV, the difference in prediction error between them is not considerable. Conversely, if BICV outperforms LOOCV, the gap in prediction error is quite pronounced. The results presented in this work will be part of the author's master's thesis. None of the results have been submitted to the SVOČ competition or any similar competitions thus far.

### **Competing risk models as an extension of standard survival analysis**

*Jaromír Macoun*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

This work studied the extension of methods from classical survival analysis to competing risks. These methods can be used to analyse time-to-event data in case of more than one event where only one can occur. Such data can be usually found in medical studies where the aim is for example time to death or transplantation.

We explored nonparametric estimation of a cumulative incidence function, which has a straightforward interpretation. Derivations and proofs of statistical properties of the estimator could be found in the theory of multistate models. From the multistate point of view, the proof would involve advanced knowledge of the theory of non-homogeneous Markov processes and product integrals. We provided detailed proofs of asymptotic properties using only the tools of survival analysis and the functional delta theorem. The most important outcome was the weak convergence of the cumulative incidence function in  $D[0, \tau]$  space. With the presented results, one can infer cumulative incidence function at certain times or even construct confidence bands.

Furthermore, we discussed possible bias of the estimator if we ignore the competing event and treat it as censoring. Lastly, some illustrative simulations of the estimator are presented. These results are the most important part of the author's diploma thesis.

### **Bivariate Simplicial Depth: Explicit Expression, Computation, and Applications**

*Erik Mendroš*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

The simplicial depth (SD) is a celebrated tool defining simple elements of nonparametric and robust statistics for multivariate data. While many properties of SD are well-established, and its applications are abundant, explicit expressions for SD are known only for a handful of the simplest multivariate probability distributions. This work deals with SD in the plane. It achieves several significant advancements, namely (i) develops

a one-dimensional integral formula for **SD** of any properly continuous probability distribution, (ii) gives exact explicit expressions for **SD** of uniform distributions on (both convex and non-convex) polygons in the plane, (iii) discusses several implications of these findings to probability and statistics: (a) An upper bound on the maximum **SD** in the plane, (b) an implication for a test of symmetry of a bivariate distribution, and (c) a connection of **SD** with the classical Sylvester problem from geometric probability. Then, in the latter part of this work, we introduce two original algorithms for efficient computation of the empirical counterpart of **SD**. The first algorithm determines the number of  $k$ -simplices containing a specified point in the plane, while the second algorithm finds a representative point for each data-determined face in order to derive the exact sample **SD** of the entire plane.

### **Analýza archetypov, jej aplikácie a meranie polarizácie v dátach**

*Vendelín Vincze*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

V tejto práci (ktorá vznikla úpravou pôvodnej diplomovej práce autora) predstavíme archetypálnu analýzu ako nový prístup k analýze dát. Popíšeme základnú teóriu a metódy, ktoré potom aplikujeme v rámci vzorovej analýzy reálneho datasetu, popisujúceho výsledky volieb do NR SR v rokoch 2016, 2020 a 2023. Nástroje archetypálnej analýzy sú potom použité v kombinácii s ďalšími štatistickými metódami (K-means) na získanie zmysluplného spôsobu merania polarizácie v dátach. Tento spôsob ďalej vylepšujeme a zovšeobecňujeme zahrnutím váh pozorovaní, aby sme dokázali lepšie zachytiť dynamiku dát. Základná aj všetky vylepšené verzie merania sú ďalej aplikované na skôr spomenuté dáta o výsledkoch volieb. Pri písaní tejto práce sme využívali predprogramované funkcie, zahrnuté v jazyku R a jeho balíkoch, doplnené o naše vlastné numerické výpočty.

### **Testovanie presnosti DEA modelov založených na parametrickej ceste**

*Bernadett Bertóková*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

Obáľková analýza dát (Data envelopment analysis, DEA) je neparametrická metóda používaná na vyhodnocovanie relatívnej efektívnosti útvarov. Jednu z podtried DEA modelov tvoria modely založené na parametrickej ceste, ktoré majú niekoľko spoločných vlastností a preto je ťažšie sa rozhodnúť, ktoré z modelov by bol vhodnejší na vykonanie DEA analýzy. Pri rozhodovaní o výbere modelu by mohla pomôcť informácia o presnosti jednotlivých modelov. V našej práci vychádzame z tradičných prístupov k testovaniu presnosti DEA modelov a navrhujeme také zmeny, ktoré by mohli viesť k efektívnejšiemu a korektnejšiemu testovaniu presnosti vybraných DEA modelov. Pomocou vhodného procesu generovania dát vytvoríme skupinu fiktívnych útvarov, pričom na modelovanie produkčných procesov používame translogaritmickej produkčnú funkciu z dôvodu jej flexibility. V tradičných prístupoch testovania presnosti DEA modelov sa zohľadňujú len

výstupné efektivity útvarov, čo je ale v rozpore s ideou neorientovaných DEA modelov. Preto ponúkame novú metodológiu, ktorá dokáže zohľadňovať vstupno-výstupné efektivity. Presnosť vybraných DEA modelov vyhodnocujeme pomocou štatistických ukazovateľov a na získanie vierohodných výsledkov využijeme Monte Carlo simulácie. Za prínosy našej práce považujeme navrhnutie efektívnejšieho a korektnejšieho postupu generovania dát, založenej na analytických vlastnostiach translogaritmickej produkčnej funkcie, ako aj korektnejšie porovnávanie DEA modelov založených na parametrickej ceste využitím navrhutej novej metodológie. Výsledky tejto práce autor plánuje použiť ako súčasť diplomovej práce.

### **Dense Zeros**

*Jan Hanousek*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

This research focuses on a special type of time series data where a significant proportion of values is zero. The aim is to develop a statistical model that accurately captures the behavior of such data. By exploring existing theories on GARCH and MEM models, new models together with derivation of important theoretical properties are proposed. To assess their effectiveness, they are tested on real-world data. This evaluation reveals that each model has its own strengths and weaknesses. The overall results are promising, proving the models' validity and real-world applicability, opening doors for further exploration in this area. The text is a part of the author's master thesis.

### **Multiplikatívne chybové modely časových radov a odhady ich parametrov**

*Ondrej Kusenda*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Práca sa zaoberá vysokofrekvenčnými časovými radmi, ktoré nadobúdajú kladné hodnoty. Na modelovanie takýchto časových radov sa používajú multiplikatívne chybové modely (MEM). Medzi základné MEM modely patrí ACD model a LACD model. V práci sú tieto modely definované a popísané ich základné vlastnosti. Ďalej sa v práci popisuje MLE a QMLE metóda odhadu parametrov. V simulačnej štúdii sú porovnané metódy odhadu a vplyv zlej špecifikácie modelu a stupňa modelu na kvalitu jednokrokovej predikcie. Práca je časťou diplomovej práce, ktorá je rozšírená o ďalšie simulácie a aplikáciu na praktické dáta. Vlastným prínosom je podrobné odvodenie dôkazov väčšiny tvrdení pre ACD a LACD modely, doplnenie podmienok pri dôkazoch viet, zavedenie quasi-vierohodnostnej funkcie založenej na exponenciálnom rozdelení pre LACD1 model a celá simulačná časť práce.

### **Solver pre neradiálne DEA modely**

*Adrián Pauer, Mária Trnovská*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

V práci sa zaoberáme vytvorením aplikácie pre vyhodnocovanie efektivity pomocou obálkovej analýzy dát (data envelopment analysis, DEA) a klient-server modelu, v ktorom sa dáta zadávajú prostredníctvom web-stránky. Dáta sú spracované na strane klienta pomocou zvoleného modelu a výsledky sú následne zobrazené na strane servera ako výstup. Aplikácia umožňuje voľbu parametrov modelu ako výnosy z rozsahu alebo kontrolované premenné. Solver ponúka paletu takzvaných neradiálnych modelov. Pre tieto modely sú typické doplnkové premenné (slacks). DEA modely sú formulované ako konvexné optimalizačné úlohy a na ich riešenie využívame knižnice jazyka Python. Výstupom sú súbory obsahujúce numerické charakteristiky jednotlivých útvarov vyplývajúce z DEA analýzy ako napríklad poradie jednotlivých útvarov na základe vypočítanej efektivity a super-efektivity alebo hodnoty doplnkových premenných. Solver taktiež ponúka grafický výstup v podobe obrázkov, ktoré znázorňujú napríklad efektivitu útvarov, projekciu útvarov na efektívnu hranicu alebo parciálnu efektivitu vstupov a výstupov. Solver sme testovali na reálnych dátach prevzatých z literatúry a porovnávali správnosť riešenia s výsledkami z týchto zdrojov. Súčasťou práce je aj popis jednotlivých modelov a ich vlastností, ktorý môže pomôcť vo výbere vhodného DEA modelu. Práca obsahuje aj ukážky použitia aplikácie.

### **Věty o univerzalitě a konzistenci neuronových sítí**

*Petr Raab*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Práce vycházející z části z autorovy diplomové práce se zabývá neuronovými sítěmi a modelem hlubokého učení, kdy se autor snaží na neuronové sítě dívat jako na statistický model podobný zobecněným lineárním modelům. Po představení tohoto modelu a zavedení značení se práce věnuje schopnosti neuronových sítí aproximovat spojité funkce, kdy je předveden důkaz věty o univerzalitě. Následně jsou zkoumány asymptotické vlastnosti neuronových sítí, pomocí síťového odhadu je také dokázána jejich konzistence a asymptotická normalita. Právě tyto dvě vlastnosti jsou objektem zkoumání v simulační studii na generovaných datech.

**Sekce Matematické struktury**  
**M5 – algebra, topologie a geometrie**  
+  
**M6 – teorie grafů a kombinatorika**

*Porotci:*

*Ing. František Štampach, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)*  
*prof. Ing. Edita Pelantová, CSc. (FJFI ČVUT)*  
*doc. RNDr. Soňa Pavlíková, CSc. (FChPt STU, Bratislava)*

**Abstraktní derivace**

*Jakub Baloun*  
*UP, Olomouc, Přírodovědecká fakulta*

Abstraktní derivace jakožto zobrazení definované na okruhu, které je aditivní a splňuje pravidlo o derivaci součinu (neboli tzv. Leibnizovu formuli) je základním pojmem diferenciální algebry. V této práci je pojem derivace ještě poněkud zobecněn – je na něj kladena pouze platnost Leibnizovy formule. Cílem je prozkoumat vlastnosti takto definovaných zobrazení a nalézt souvislosti s jinými pojmy abstraktní algebry. Ukazuje se, že na spoustu známých vlastností běžných derivací na prostorech funkcí lze pohlížet jako na konsekvence pravidla o derivaci součinu. V práci jsou přirozeně zobecněny některé základní pojmy z diferenciálního počtu a je zkonstruováno několik příkladů abstraktních derivací. Tato zobrazení jsou zkoumána na různých strukturách (číselné obory, obory integrity s jednoznačným rozkladem, zobecněné asociativní algebry). Např. teorie tzv. lineárních derivací na zobecněných asociativních algebrách je pak aplikována na řešení ryze analytické úlohy, které by v mnoha případech bez tohoto algebraického přístupu bylo velice komplikované. Díky tomuto zobecnění pojmu derivace je umožněno o množině všech derivací na dané struktuře ukázat některé zajímavé strukturální vlastnosti a také souvislosti s algebraickou strukturou jistých homomorfismů multiplikativních a aditivních grup.

**Barvicí invarianty uzlů**

*Ondřej Chwiedziuk*  
*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Uzly můžeme barvit různými konečnými quandy a zjišťovat, zda mají netriviální obarvení. Pokud ano, pak dokážeme říct, že daný uzel je rozvázatelný. V práci se však



zaměříme na takové quandy, které vždy dávají triviální barvení. Ukáže se totiž, že mají totiž zajímavé algebraické vlastnosti. V této práci dokážeme, že quandle dává pro každý uzel triviální barvení, právě tehdy když je quandle reduktivní, a to je právě tehdy, když je barvicí invariant Vassilievův. Podobnou charakterizaci provedeme pro linky. Tedy quandle dává triviální barvení pro každý link, právě tehdy když se jedná o triviální quandle.

### **Cardinality of the lattice of multi-sorted clones on a two-element domain**

*Vojtěch David*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

In this thesis, we study the lattice of multi-sorted clones on a two-element domain; we provide an alternative proof of its countability. This result is due to V. Taimanov from 1983; however, the proof was never published in a journal nor translated from Russian until 2022. We approach this problem mainly using the well-known Galois connection between operations and relations, and the notion of key relations (and the description thereof) introduced by D. Zhuk in 2017. We also provide an insight into using the developed ideas to study the 2-sorted clones on  $\{0, 1\}$ .

The work features a standalone result from the author's Bachelor thesis, which explores alternative approaches to some problems in the theory of (multi-sorted) clones on a two-element domain.

### **Cykly translací v souvislých quandlech**

*Filip Filipi*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Quandl je množina s jistým typem neasociativního násobení. Dává vznik kombinatorickému invariantu (orientovaných) uzlů, a to jej dělá užitečným nástrojem pro negativní důkazy o podobnosti uzlových diagramů. Potenciál tohoto invariantu je obsažen v quandlech souvislých (někdy zvaných nerozložitelné). Zobrazení definované násobením pevným prvkem zleva je v quandlech vždy bijektivní a v konečných souvislých quandlech mají takto vzniklé permutace stejnou strukturu cyklů. Práce se zabývá *Hayashiho domněnkou* (2013). Ta se strukturu těchto permutací pokouší svázat více, a sice navrhuje, že dokonce mají tzv. regulární cyklus - cyklus, jehož délka je dělena délkami všech zbylých cyklů.

Domněnka má částečné pozitivní výsledky, ale pro třídu tzv. konjugačních quandlů je její platnost stále nejasná. Práce rozebírá souvislost (nerozložitelnost) konjugačních quandlů a získané nástroje aplikuje na quandy odvozené z grup  $\mathbb{S}_n$ ,  $\mathbb{A}_n$  a  $\mathbb{D}_{2n}$ . Dále navazuje na doposud nepublikované myšlenky Stanovského, Vojtěchovského, které Hayashiho domněnku dokazují pro konjugační quandy odvozené z grup  $\mathbb{S}_n$ . Tyto myšlenky zobecňuje a výsledek rozšiřuje i na grupy  $\mathbb{A}_n$  a  $\mathbb{D}_{2n}$ . Navíc vyslovuje a dokazuje větu, která říká, že domněnka je v tomto kontextu pro konečné neabelovské jednoduché grupy

ekvivalentní tomu, že ke každému nejednotkovému prvku v těchto grupách existuje prvek konjugovaný, se kterým nekomutuje v žádné své netriviální mocnině.

Text je autorovou bakalářskou prací. Byl vypracován samostatně pod vedením doc. Stanovského.

### **Countable dense homogeneity**

*Michal Hevessy*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

A topological space is called countable dense homogeneous if it is separable and for any two countable dense sets there exists an autohomeomorphism of the space sending one to the other. In this text we investigate countable dense homogeneity and spaces that are and that are not countable dense homogeneous. First we present known results regarding countable dense homogeneous spaces, then we show examples of spaces that are and spaces that are not countable dense homogeneous. Lastly we investigate a generalization of countable dense homogeneity.

The main results and author's original contributions of this text are: an example answering an open question posed in literature regarding zero-dimensional metrizable countable dense homogeneous spaces and results in the last chapter generalizing some known results from the previous parts of the text.

This text is a major part of the author's master thesis.

### **Klasifikace konečně dimenzionálních modulů nad řetězcovými algebry**

*Ondřej Macháč*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

V této práci klasifikujeme nerozložitelné konečně dimenzionální moduly nad řetězcovými algebry. Cílem práce je co nejpodrobněji prezentovat důkaz klasického výsledku M. C. R. Butlera a C. M. Ringela. V úvodní části definujeme řetězcové algebry a řetězcové a náramkové moduly. Ve třetí kapitole dokážeme klasifikační větu a zavedeme funktory z této věty. Ve čtvrté a páté kapitole ověřujeme vlastnosti funktorů s ohledem na řetězcové, respektive náramkové moduly. V poslední kapitole ukážeme, že tyto funktory stačí a dokážeme zbývající předpoklady hlavní věty. Nakonec ukážeme příklady klasifikace.

**Combinatorial structure of graph drawings***Filip Čermák**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

In this thesis, we study characterization by forbidden patterns of many classes of  $x$ -monotone drawings of complete graphs with various given restrictions. We generalize previously known characterizations of pseudolinear, semisimple, and simple drawings of  $K_n$  by showing that also bounded pseudoparabola drawings of  $K_n$  can be characterized by finite forbidden patterns. On the other hand, we show that there is no such finite characterization for extended pseudoparabola drawings of  $K_n$ . We strengthen our results even further to so-called  $(d_a, d_i)$ -degree drawings where given non-negative integers  $d_a$  and  $d_i$  represent a number of crossings between adjacent and independent edges, respectively. We provide a full characterization by forbidden patterns of each class of  $(d_a, d_i)$ -degree drawings

**Dolné ohraničenia maximálnej hodnoty netriviálnych čiastočných automorfizmov jednoduchých grafov***Valter Cingel**UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

Čiastočný automorfizmus  $\varphi$  grafu  $\Gamma$  je izomorfizmus dvoch indukovaných podgrafov grafu  $\Gamma$ . Hodnota čiastočného automorfizmu  $\varphi$  je počet vrcholov v jeho definičnom obore. Hovoríme, že  $\varphi$  je netriviálny, ak aspoň jeden vrchol zobrazí na nejaký iný. Táto práca pre ľubovoľný graf  $\Gamma$  iba na základe informácie o počte vrcholov  $\Gamma$  zdola ohraničuje maximálnu hodnotu spomedzi všetkých netriviálnych čiastočných automorfizmov grafu  $\Gamma$ . Toto dolné ohraničenie sme odvodili aj pre špeciálne triedy grafov. Taktiež sme objavili aj dolné ohraničenia, ktoré závisia aj od iných parametrov grafu. Keďže pojem čiastočného automorfizmu je relatívne nový, práca skúma aj všeobecné vlastnosti čiastočných automorfizmov. Výsledky tejto práce poskytujú poznatky pre ďalší výskum v tejto oblasti a budú súčasťou bakalárskej práce autora.

**Manhattan and Chebyshev nowhere-zero flows***Lukáš Gáborik**UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

Nowhere-zero flow is a concept with a motivation in physics, specifically the Kirchhoff's current law in electrical circuits. Also, in graph theory, nowhere-zero flows are related to various helpful properties (e.g. bipartiteness and edge-colourability). An interesting generalisation of nowhere-zero flows considers multi-dimensional flow values. Up to now, such flows have been defined with the Euclidean norm. In this paper, we explore alternative definitions with the Manhattan and the Chebyshev norms, prove and

conjecture results such as an upper bound on the flow number and characterisation of graphs with unit vector flows. Then, we discuss their relationship to analogous results for Euclidean flows. Finally, we observe a relationship between Chebyshev flows and a decomposition of a flow into two circulations. They serve a new approach that may lead to proving the widely known Tutte's 5-flow conjecture.

The results presented in this paper are a proper subset of the author's bachelor thesis, which is to be submitted in about a month. None of them were presented at the Competition for University Students in Mathematical Research before.

### **Estimation of vertex-transitive numbers for simple graphs**

*Štefánia Glevitzká*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

We say that a graph  $\Gamma$  is vertex-transitive if for every pair of vertices  $u$  and  $v$  there exists an automorphism of  $\Gamma$  which maps  $u$  to  $v$ . A vertex-transitive closure of a graph  $\Gamma$  is a vertex-transitive supergraph of  $\Gamma$  on the same vertex set. The vertex-transitive number of  $\Gamma$  is the smallest possible degree of its vertex-transitive closure.

In this paper, we find a lower bound on vertex-transitive numbers for an important subclass of polarity graphs. We also classify graphs with various relatively small numbers of edges and a unique vertex-transitive closure. In addition, we identify an infinite family of asymmetric graphs whose vertex-transitive closures can be obtained by adding a single edge.

This work is a core of the author's diploma thesis that will be defended this year. It is a continuation of the research undertaken in the author's bachelor's thesis, which was presented in ŠVOČ 2022.

### **Weak saturation processes in multipartite hypergraphs**

*Adam Rajský*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Given hypergraphs  $H$  and  $P$ ,  $wsat(H, P)$  denotes the smallest number of edges in a subgraph of  $H$  with the property that the missing edges can be sequentially added such that the addition of every edge creates a new copy of  $P$ . In 1985 Alon proved that  $wsat(K_n, P)/n$  tends to a finite limit for any graph  $P$ . A generalisation of this Theorem to  $r$ -uniform hypergraphs was conjectured by Tuza in 1992 and proved by Shapira and Tyomkyn in 2021. In this thesis, we use the methodology introduced by Shapira and Tyomkyn to prove a similar theorem when  $H$  is a complete  $r$ -partite  $r$ -uniform hypergraph.

**Sekce Aplikovaná matematika**  
**M7: numerická analýza**  
+  
**M8: matematické modely dynamiky**

*Porotci:*

*RNDr. Jan Papež, Ph.D. (MÚ AV ČR, Praha)*  
*prof. RNDr. Karol Mikula, DrSc., (SvF STU, Bratislava)*  
*doc. RNDr. Jitka Machalová, Ph.D. (PřF UP, Olomouc)*

**Domain decomposition methods for the solution of partial differential equations using discontinuous Galerkin method**

*Tomáš Hammerbauer*  
*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

This thesis deals with the analysis and numerical study of the domain decomposition method based preconditioner for algebraic systems arising from the discontinuous Galerkin (DG) discretization of the linear elliptic problems. We introduce the DG discretization of the model problem. We derive from the properties of the bilinear form the spectral bounds of corresponding forms and matrices. Moreover, we present the Additive Schwarz method and its application as a preconditioner for the system of algebraic equations. We derive the spectral bounds of the preconditioned system of algebraic equations. Finally, we present the numerical results that support the theoretical results and demonstrate the potential of this approach. The main contribution is modification of the proofs from the literature on more complicated model problem and the numerical experiments done to support the analysis.

**The complementary volume method for hydrological modeling and its computational implementation in the environmental software NaturaSat**

*Ivana Piačková*  
*STU, Bratislava, Stavebná fakulta*

The paper deals with the implementation of hydrological modeling into the NaturaSat software. Hydrological modeling is performed by solving the Laplace equation on a computational domain bounded by distributaries, which represents the area of potential wetland occurrence. Dirichlet boundary conditions corresponding to the water level are specified at the boundary. By solving the Laplace equation, we obtain groundwater levels

within the computational domain. The Laplace equation is solved on a real computational domain obtained by segmentation from orthophoto images and is solved using the complementary volume method on an irregular triangular mesh.

### **Optimalizační algoritmy pro trénování neuronových sítí**

*Jiří Szotkowski*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

V práci se zabýváme základním popisem neuronových sítí a jejich tréninkem (tj. optimalizací parametrů sítě), ke kterému se používají numerické optimalizační algoritmy. Provedli jsme vlastní implementaci neuronových sítí a deseti standardně používaných optimalizačních algoritmů pro jejich trénování. Tyto algoritmy jsme navzájem porovnali z hlediska časové náročnosti i dosažené úspěšnosti výsledné sítě na testovacích datech. Ukázali jsme, že často vítězí jednodušší metody nad složitějšími, zejména ve stochastické verzi algoritmu. Velkou péčí jsme věnovali rigoróznímu matematickému popisu neuronových sítí a jejich trénování, což je v existující literatuře často zanedbáno.

Výsledky prezentované v této SVOČ hodlá autor uplatnit jako bakalářskou práci. V soutěži SVOČ ani dalších podobných soutěžích dosud žádný z výsledků uplatněn nebyl.

### **Aerodynamika v okolí cyklistu**

*Ema Podhorná*

*STU, Bratislava, Stavebná fakulta*

Uvedená práce sa zaoberá prúdením vzduchu v okolí cyklistu, jeho charakteristickými vlastnosťami a špecifikami. Základom pre nami požadované výsledky je matematický model prúdenia Standard  $k - \epsilon$ , ktorý vychádza z Navier-Stokesových rovníc a pomocou softvéru ANSYS Fluent nám poskytuje numerické výsledky v podobe odporovej sily, z ktorej následne počítame odporovú plochu a kvantifikujeme tak aerodynamické vlastnosti cyklistu. V práci používame dve geometrie - zjednodušenú a komplexnú, ktorá je naskenovaná pomocou 3D skeneru a následne upravená do podoby použiteľnej ako vstupná geometria do softvéru ANSYS Fluent. Výsledky pre zjednodušenú geometriu dostávame pre 4 rôzne výpočtové siete a pre komplexnú geometriu vyberieme parametre siete s najlepšimi vlastnosťami použité pre jednoduchú geometriu.

### **Řešení Zermelova navigačního problému pomocí level-set metody**

*Pavol Šimkovič*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

Efektívne plánovanie trasy pri diaľkových letoch je kriticky dôležité, ak vzdušné prúdy výrazne ovplyvňujú pohyb plavidla, ako tomu je v prípade vzducholode. Optimálne riadenie môže ušetriť čas cesty, spotrebu paliva a včasným varovaním zabrániť letu v nepriaznivých podmienkach. Implementovali sme numerický algoritmus na výpočet časovo

optimálnej trajektórie pre diaľkový let vzducholode v premenlivom atmosférickom prúdení. Testovali sme ho na modelových zadaniach aj reálnych meteorologických dátach. Výsledkom práce je program s grafickým rozhraním schopný vypočítať optimálne navigačné inštrukcie, získať automatizovane predpoveď počasia a vykresliť výstupy, ktorých súčasťou je aj indikácia presnosti výpočtu.

### **Magnetické jevy ve spektru laterálně vázaných vrstev**

*Ondřej Šrámek*

*ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská*

Cílem práce je prozkoumání vlivu magnetického pole na spektrální vlastnosti dvou typů systémů. První typ se týká laterálně vázaných vrstev vystavených lokálnímu homogennímu magnetickému poli, kde je spočítáno esenciální spektrum a jsou stanoveny podmínky pro existenci a neexistenci vlastních stavů. Druhý typ systémů je motivován kvantovým Hallovým jevem a vyznačuje se translační a rotační invariancí. Objektem této části práce je Dirichletova vrstva s Neumannovým oknem ve tvaru mezikružší a ve tvaru nekonečného pásu, přičemž numericky je určen jejich vliv na spektrum, včetně vzájemného srovnání. Text práce plně vychází z diplomové práce.

### **Numerické modelovanie šírenia ohňa**

*Filip Šubín*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

Predkladaná práca je zameraná na numerickú aproximáciu matematického modelu šírenia ohňa v lese pomocou využitia Rothermelovho modelu rýchlosti povrchového šírenia ohňa. Model obsahuje množstvo vstupných parametrov ako: vlhkosť paliva, hustota paliva, hmotnosť paliva, hustota častíc paliva, obsah minerálov v palive, rýchlosť vetra, sklon terénu a podobne. Prevedením Rothermelovho modelu rýchlosti povrchového šírenia ohňa na systém obyčajných diferenciálnych rovníc a jeho následná numerická aproximácia nám dáva silný nástroj na simuláciu šírenia ohňa v čase a priestore a predikciu rôznych požiarnych scenárov pre rôzne palivové modely a podmienky prostredia. Téma tejto práce je zároveň predmetom autorovej bakalárskej práce a diplomovej práce odovzdávanej tento rok. Autorovým prínosom je rozšírenie modelu na 2D s nehomogénnym prostredím a tvorba inverznej úlohy na sledovanie vplyvu vetra.

## Sekce

### I1: Teoretická informatika

+

### I2: Umělá inteligence

*Porotci:*

*RNDr. Vít Musil, Ph.D. (FI MU, Brno)*

*prof. Gabriel Semanišin, Ph.D. (PríF UPJŠ, Košice)*

*Mgr. Jan Laštovička, Ph.D. (PřF UP, Olomouc)*

#### **Representation of complex numbers in redundant numeration systems**

*Adam Blažek*

*ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská*

The Penney numeration system is a positional numeration system with base  $i - 1$  and digits  $\{0, 1\}$ , capable of representing all Gaussian integers (complex numbers whose real and imaginary part are integers). We extend it by using the digit set  $\{0, \pm 1, \pm i\}$ , causing numbers to have multiple representations. We generalize earlier results about the binary system with digits  $\{0, \pm 1\}$  to this system; in particular, using the  $w$ -NAF property to find a canonical representation for each number with the minimum possible Hamming weight, calculating the average ratio of non-zero digits in such representations and, as a completely new result, finding numbers which have the highest count of optimal representations of a given weight. These results have potential applications in parallel computation and elliptic curve cryptography.

#### **Main contributions of the author**

I generalized various theorems about the NAF binary system to the more complex 3-NAF Penney system. I developed a recursive formula for calculating the number of optimal representations of a given Gaussian integer. I wrote a computer program to formulate a hypothesis about the maximum number of equivalent optimal representations of a given weight, then made significant theoretical contributions to its proof.

#### **Relationship to other works**

This work is a part of my work-in-progress bachelor's degree project. I have also previously submitted a part of it to the Rektorys contest 2023 (<https://mat.fsv.cvut.cz/rektorys/soutez/2023/>).



## Improving current approaches to Min-Power Symmetric Connectivity

Richard Hartmann

ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií

V této práci se zabýváme problémem minimalizace celkové spotřeby energie bezdrátové sítě, který je formálně známý jako MIN-POWER Symmetric Connectivity. Modelem bezdrátové sítě je hranově ohodnocený neorientovaný graf. Cílem je najít souvislý podgraf, který pokrývá všechny vrcholy, s minimálním součtem cen všech vrcholů. Cena vrcholu je dána největší vahou hrany incidentní s daným vrcholem. Je známo, že se jedná o NP-těžký problém. Toto tvrzení rozšíříme a ukážeme, že problém je NP-těžký pro konkrétní třídu úplných grafů. Dále představíme dva postupy umožňující efektivnější řešení MIN-POWER Symmetric Connectivity problému. Jedna z metod se zaměřuje na hledání tzv. povinného podgrafu. Ten jsme schopni efektivně nalézt za pomoci dolních mezí cen vrcholů. Představíme metodu, jak tyto dolní meze cen vrcholů zvýšit. Dále se zabýváme možnou redukcí počtu hran. Ukážeme metodu identifikující nadbytečné hrany grafu, čímž snížíme výpočetní složitost úlohy.

Výsledky prezentované v této SVOČ hodlá autor uplatnit jako bakalářskou práci. V soutěži SVOČ ani dalších podobných soutěžích dosud žádný z výsledků uplatněn nebyl.

## Operational state complexity of union, intersection and concatenation over unary automata with half of the states final

Petra Plšková

UPJŠ, Košice, Přírodovědecká fakulta

The state complexity of a language  $L$  is the number of states of its minimal automaton. The operational state complexity of the operation  $\circ$  is the function  $sc_{\circ}(n_1, \dots, n_k)$  given by the maximum state complexity of the language  $\circ(L_1, \dots, L_k)$ , where  $L_1, \dots, L_k$  are the languages accepted by the  $n_1, \dots, n_k$  state automata. In this paper, we consider the class of deterministic finite automata with half of the states final over unary alphabet. For intersection and union, we find and prove the state complexity for arbitrary sized automata. We prove the tightness and that it is equal to the state complexity for the entire class of deterministic finite automata. Moreover, we generalize the problem to classes of automata with an arbitrary fixed number of finite states, except for the trivial cases where all states are either final or nonfinal, and the cases where just one state is final. We determine a bound for these classes and prove its tightness. For the concatenation, we determine and prove a lower bound of state complexity if for an input  $m$ -state automaton and an  $n$ -state automaton one of the following holds:  $n = m$ ,  $n = m + 2$ ,  $n = m + 4$ , or  $n = m + 6$  and  $4|m$ . In some special case, we determine the tightness for automata with the same number of states. We formulate and prove state complexity of intersection and union over alternating automata, for concatenation we prove a fairly tight upper and lower bound for automata with the same number of states. We find the state complexity of square and prove the tightness for our class and alternating automata, too.

## Masked superstrings for efficient $k$ -mer set representation and indexing

Ondřej Sladký

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

The exponential growth of genomic data calls for novel space-efficient algorithms for compression and search. State-of-the-art approaches often rely on tokenization of the data into  $k$ -mers, which are substrings of a fixed length. The popularity of  $k$ -mer based methods has led to the development of compact textual  $k$ -mer set representations, however these rely on structural assumptions about the data which need not hold in practice.

In this thesis, we demonstrate that all these representations can be viewed as superstrings of the  $k$ -mers, and as such can be generalized into a unified framework that we call the masked superstrings of  $k$ -mers. We provide two different greedy heuristics for their computation and implement them in a tool called KmerCamel. We further demonstrate that masked superstrings can serve as a building block of a novel, simple  $k$ -mer set index which we call FMS-index. Additionally, if masked superstrings further integrate a demasking function  $f$ , the resulting  $f$ -masked superstrings framework allows for seamless set operations with  $k$ -mers.

We experimentally evaluate the performance of masked superstrings, as well as of our FMS-index implementation, FMSI, and show that masked superstrings achieve better compression in situations where the previous methods were far from optima. Furthermore, we demonstrate that using FMS-index leads to memory savings compared to state-of-the-art indexing methods. Overall, our results demonstrate the usefulness of masked superstrings as a unified theoretical framework as well as their potential in designing data structures for  $k$ -mers.

This work is based on author's bachelor's thesis, which is in preparation for submission in May 2024. The thesis is jointly supervised by Mgr. Pavel Veselý, Ph.D. and by Ing. Karel Břinda, Ph.D. Chapters 2 and 3 of this work are also based on the author's paper Masked superstrings as a unified framework for textual  $k$ -mer set representations, which was accepted and presented at RECOMB-seq 2023. Chapters 4 and 5 are further based on the author's paper Function-Assigned Masked Superstrings as a Versatile and Compact Data Type for  $k$ -Mer Sets, which is expected to be submitted to SPIRE 2024. Both are available at bioRxiv.

## Umělá inteligence v počítačových hrách

Anna Krajčířová

SU, Opava, Filozoficko-přírodovědecká fakulta

Cílem této práce je představit čtenáři možnosti využití umělé inteligence a strojového učení při vývoji počítačových her z perspektivy jak hráče, tak především vývojáře. Budeme se soustředit hlavně na stále rostoucí potenciál generativní umělé inteligence, který je v této oblasti prozatím prakticky nevyužíván. Práce tak bude přínosem ne jen pro mě

v získávání nových zkušeností, ale také ukáže, jak snadno dosáhnout zajímavých výsledků bez hlubších uměleckých dovedností.

V teoretická části se práce zaměřuje na historický vývoj umělé inteligence v herním průmyslu. Popisuje různé metody a nástroje, z nichž některé jsou následně aplikovány v praktické části, kde je na prototypu hry vyvíjeném v Unreal Engine 5, demonstrováno jejich praktické využití. Projekt bude základem pro diplomovou práci a bude dále rozvíjen.

### **Kernel estimates of pedestrian density applied in simulation of recreational pedestrian movement**

*Tomáš Novotný*

*ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií*

This bachelor thesis presents a stochastic agent-based model that simulates pedestrian movement in the Luzen Valley, National Park Šumava. The model merges three distinct mathematical models. Initially, random arrivals of agents are modeled by means of a Poisson process. Further, a fundamental diagram-based model is introduced to transport agents to the estimated bottleneck of the trail. This thesis introduces the agent mass in the perceived surroundings of the agent as a novel concept to model interaction between pedestrians. Furthermore, kernel estimates are implemented as an individual mass generated by each agent. Due to the focus of this thesis on the transport section of the model, the bottleneck section is represented by a very simple cellular automaton, a totally asymmetric simple exclusion process.

Additionally, this thesis successfully implemented the model in a simulation tool that has been developed to conduct experiments with the model. The model parameters were calibrated using empirical findings from pedestrian movement. Correctness of kernel implementation was confirmed by one of the experiments. Furthermore, the experiments with the arrival intensity revealed that jams occur at an intensity of 78 pedestrians per minute. This value corroborates the reasonableness of the transport section, as it aligns with the empirical findings that were not used for calibration. Additionally, the experiment results validated the assumption that heterogeneity in speed leads to earlier stoppages.

The subsequent work aims to estimate the capacity of the trail. To this end, an extension of the simulation tool is necessary to enable various restriction models on the trail to be tested. Furthermore, the current bottleneck section will be replaced by a more complex model.

### **Automatic inflection in Czech language**

*Tomáš Sourada*

*UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

This thesis focuses on the task of automatic morphological inflection of Czech nouns, specifically in out-of-vocabulary (OOV) conditions (inflecting previously unseen words).

We automatically extracted a large dataset suitable for training and evaluation in the OOV conditions. We also manually built a real-world OOV dataset of neologisms. We developed three different systems: a retrograde model performing a variation of kNN algorithm, and two sequence-to-sequence (seq2seq) models based on LSTM and Transformer. Compared to an available rule-based inflection system sklonuj.cz and standard SIGMORPHON shared task baselines, our seq2seq model reaches the best results in the standard OOV conditions. Moreover, it achieves state-of-the-art results for 6 out of 16 development languages from SIGMORPHON 2022 shared task data in the OOV evaluation (feature overlap) on large data condition. On the real-world OOV dataset, the retrograde model outperforms all neural models and is competitive with a non-neural SIGMORPHON baseline. We release the inflection system with seq2seq model as a ready-to-use Python library. It could serve as a complement to the state-of-the-art dictionary-based inflection system MorphoDiTa as a back-off for OOV words, especially once extended to other parts of speech.

The text of this work is identical to the text of the author's bachelor thesis, defended in 2023. As a continuation of the work on the thesis, more experiments were conducted by the author, resulting in a paper Tomáš Sourada, Jana Straková, Rudolf Rosa: OOVs in the Spotlight: How to Inflect them?, accepted to an international conference LREC-Coling 2024. This work has not been submitted in the SVOČ competition or any other student competition before.

### **Exploring Advanced Reasoning Abilities of Large Language Models in Slovak**

*Adam Zahradník*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

Large Language Models (LLMs) are advanced artificial intelligence tools that are capable of understanding and producing text. Such models have been shown to be capable of advanced reasoning abilities, enabling them to solve problems in mathematics, physics, and computer science. The vast majority of the tasks on which large language models have been evaluated so far are in English. This brings up the questions: Can such results be generalized across other languages? And if yes, to what extent? To better understand this problem, our work introduces a dataset of problems and solutions from Slovak competitions in these areas. We then evaluate the abilities of the different available models on this set and compare them. We benchmark the LLMs to determine the effectiveness of said methods in the Slovak language.

## Sekce

### I3: Počítačová grafika a počítačové vidění + I4: Aplikovaná informatika a softwarové inženýrství

*Porotci:*

*Ing. Adam Novozámský, Ph.D. (ÚTIA AV ČR)*  
*doc. RNDr. Zuzana Černeková, PhD. (FMFI UK, Bratislava)*  
*Mgr. Petr Krajča, Ph.D. (PřF UP, Olomouc)*

#### **Automatic Mesh Generation for Realistic Human Avatars**

*Martin Halaj*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

Demand for lifelike human avatars spans industries from gaming to healthcare, necessitating accurate replication of anthropometric measurements. Our research addresses this need by proposing a framework capable of generating precise body meshes from up to 16 input anthropometric measurements. Leveraging linear and polynomial regression models, we achieve high accuracy in SMPL shape parameter derivation. Additionally, we present a dataset of over a million files, complementing real data sets for training CNNs. As a result of our work, we present the complete pipeline for creating a virtual copy of the user to enhance the user's virtual experience.

#### **Utilization of aerial laser scanning point cloud data for the study of habitats**

*Tomáš Homola*

*STU, Bratislava, Stavebná fakulta*

In this thesis we adopted a workflow for extracting various statistical metrics from classified point cloud data describing vertical vegetation structure. These LiDAR metrics were subsequently exported into multi-band geo-referenced TIFF images for further analysis. Additionally, we used this data to create a multi-dimensional dataset which served as an input for habitat classification using natural numerical networks and linear discriminant analysis. All computations were implemented in Matlab and C++.

## **Monitorovanie validity, funkčnosti a bezpečnosti internetových SSL certifikátov**

*Ján Kelemen*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

V mojej práci som navrhol a vytvoril systém, ktorý dokáže monitorovať veľké množstvo SSL certifikátov na používateľom špecifikovaných webových serveroch, v súboroch uložených na disku, prípadne v súboroch, ktoré objavil systém rekurzívnym prehľadávaním súborového systému. Toto monitorovanie prebieha periodicky a pozostáva zo stiahnutia certifikátu do systému, kde následne dochádza k analýze. Výsledky analýzy si používateľ môže pozrieť vo webovej aplikácii, alebo dostať upozornenie pomocou jeho zvoleným upozorňovacím systémom (ako napríklad mailom, Slackom alebo Pushoverom). Týmto mojim systémom som zanalyzoval všetky aktuálne ".sk" a ".cz" domény a výsledky porovnal s podobnými vedeckými článkami. Pri tejto práci som spolupracoval s firmou, v ktorej pracujem (bonet.systems, s.r.o.). Zároveň túto prácu mám tiež spracovanú ako diplomovú prácu, ktorá nesie rovnaké meno.

## **Analýza vzťahov medzi foreznými artefaktami s využitím teórie grafov**

*Sophia Petra Krišáková*

*UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta*

Počet kybernetických útokov neustále narastá a ich sofistikovanosť stúpa vďaka novým technikám a stratégiám útočníkov. Organizácie musia neustále zdokonaľovať metódy detekcie a reakcie na tieto útoky, aby ochránili svoje siete a informačné systémy. Čas medzi výskytom bezpečnostného incidentu a jeho identifikáciou trvá v priemere 100-200 dní, s reakčným časom organizácií medzi 50-70 dní. Cieľom našej práce je skrátiť tento čas, aby organizácie mohli rýchlejšie reagovať na bezpečnostné incidenty. V práci využijeme teóriu grafov pri foreznej analýze v operačnom systéme Windows. Hlavným cieľom práce je identifikácia digitálnych stôp a vzťahov medzi nimi. Pre tento účel pracujeme s dátovými sadami z rôznych súťaží typu Capture the flag (CTF). Popisujeme fázy spracovania digitálnych stôp, ich transformáciu do grafov a následne identifikujeme anomálie a cykly v grafoch s cieľom poskytnúť čitateľom hlbší pohľad na túto problematiku.

## **Identifikácia relevantných digitálnych stôp pri foreznom vyšetrení**

*František Kurimský*

*UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta*

V dnešnej dobe neustále narastá počet kybernetických útokov. Adekvátna reakcia na bezpečnostné útoky a incidenty si vyžaduje vo viacerých prípadoch vyžaduje použitie digitálnej foreznej analýzy. Pri samotnom foreznom vyšetrení je potrebné, čo najrýchlejšie sa dopracovať k relevantným digitálnym stopám (dátam), ktoré obsahujú informácie o bezpečnostnom incidente a postupe útočníka. Základným problémom

digitálnej forenznej analýzy je veľké množstvo forezných artefaktov získaných z napadnutých systémov. Tie sa z veľkej časti skladajú z artefaktov nerelevantných pre vyšetrovanie daného prípadu, resp. bezpečnostného incidentu. Cieľom predloženej práce je ušetriť čas forezného analytika pri hľadaní relevantných digitálnych stôp (dát) pre účely forenznej analýzy. To je možné dosiahnuť automatizáciou tohto procesu pomocou metód strojového učenia, najmä metód primárne určených na hľadanie anomálií. Nájdené digitálne artefakty poskytujú foreznému analytikovi nadhľad nad bezpečnostným incidentom a umožňujú rýchlejšie stanovenie a následne potvrdenie alebo vyvrátenie forezných hypotéz o bezpečnostnom incidente a činnosti útočníka.

### **Adaptívne riadenie robota Artabana**

*Zuzana Mačicová*

*UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky*

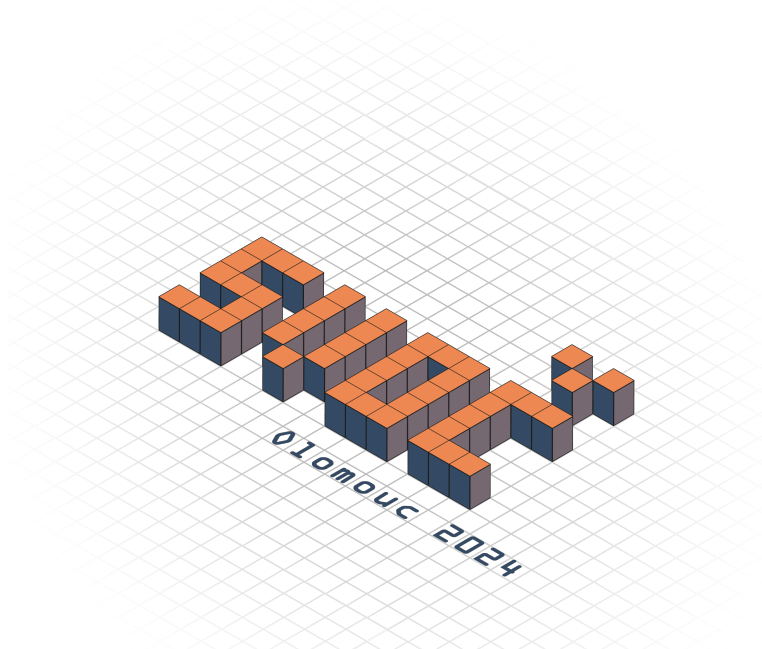
Artaban je štvornohý robot, so stavbou nôh, ktorá je výrazne odlišná od iných štvornohých robotov, ktorí majú väčšinou všetky štyri nohy rovnaké, skladajúce sa z dvoch segmentov. V tomto článku prezentujeme inverznú dynamiku takéhoto robota a adaptívne riadenie s využitím inverznej dynamiky za pomoci knižnice Quad SDK. Riadenie robota sme úspešne testovali v simulácií aj na hardvéri pre rôzne typy kroku a typy pohybu. Taktiež sme overili schopnosť robota zvládnuť neočakávané postrčenia a udržať si rovnováhu.





# Jmenný rejstřík

- Baloun, Jakub, 24  
Bertóková, Bernadett, 21  
Beránek, Tomáš, 14  
Bessiso, Samir, 18  
Blažek, Adam, 32
- Chwiedziuk, Ondřej, 24  
Cingel, Valter, 27  
Czolková, Adéla, 18
- David, Vojtěch, 25
- Filipi, Filip, 25
- Glevitzká, Štefánia, 28  
Gáborik, Lukáš, 27
- Halaj, Martin, 37  
Hammerbauer, Tomáš, 29  
Hanousek, Jan, 22  
Hartmann, Richard, 33  
Hevessy, Michal, 26  
Homola, Tomáš, 37
- Karbaš, Ondřej, 14  
Kelemen, Ján, 38  
Kloud, Vojtěch, 16  
Kneselová, Anna, 15  
Komora, Ondřej, 19  
Kossumov, Aibat, 19  
Krajčírová, Anna, 34  
Krejsů, Eris, 17  
Krišáková, Sophia Petra, 38  
Kubíček, David, 15  
Kurimský, František, 38
- Kusenda, Ondrej, 22  
Kučera, Mikuláš, 17
- Macháč, Ondřej, 26  
Macoun, Jaromír, 20  
Mačicová, Zuzana, 39  
Mendroš, Erik, 20  
Mielec, Jaromír, 15
- Novotný, Tomáš, 35
- Pauer, Adrián, 23  
Piačková, Ivana, 29  
Plšková, Petra, 33  
Podhorná, Ema, 30
- Raab, Petr, 23  
Rajský, Adam, 28  
Raunig, Tomáš, 16
- Sladký, Ondřej, 34  
Sourada, Tomáš, 35  
Szotkowski, Jiří, 30
- Trnovská, Mária, 23
- Vincze, Vendelín, 21
- Waclawek, Jakub, 16
- Zahradník, Adam, 36
- Čermák, Filip, 27
- Šimkovič, Pavol, 30  
Šrámek, Ondřej, 31  
Šubín, Filip, 31



## Hlavní partneři



**Qminers<sup>®</sup>**

s podporou

**SEZNAM.CZ**

## pořadatelé a partneři



*Slovak  
Mathematical  
Society*



Přírodovědecká  
fakulta