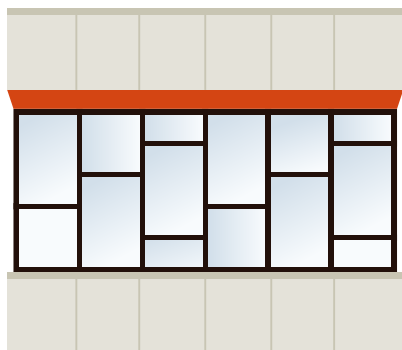


Súťaž študentov
vysokých škôl ČR a SR
vo vedeckej činnosti
v matematike a informatike

25. ročník



ŠVOČ
2025

25. – 27. máj 2025
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave

ZBORNÍK
ABSTRAKTOV

ŠVOČ 2025

Súťaž študentov vysokých škôl vo vedeckej činnosti v matematike a informatike

Bratislava, 25. – 27. máj 2025

Vyhlasovateľ

Česká matematická spoločnosť, sekce Jednoty českých matematiků a fyziků,

Slovenská matematická spoločnosť, sekcia Jednoty slovenských matematikov a fyzikov

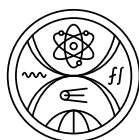


*Slovak
Mathematical
Society*

Usporiadateľ

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Univerzita Komenského v Bratislave



**FAKULTA MATEMATIKY,
FYZIKY A INFORMATIKY**

Univerzita Komenského
v Bratislave

Vážení účastníci, porotcovia a súťažiaci,

srdečne vás vítame na záverečnom kole Súťaže študentov vysokých škôl vo vedeckej činnosti v matematike a informatike, organizovanom Fakultou matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave.

Tento rok sa po desiatich rokoch súťaž vracia na pôdu FMFI UK. Tešíme sa na vašu aktívnu účasť a na nové výsledky vedeckého bádania študentov. Veríme, že v nadväznosti na svoju dlhoročnú tradíciu súťaž prispeje k rozvoju novej generácie mladých talentov v rannej fáze ich akademickej kariéry.

Zároveň dúfame, že súťaž obohatí jednotlivých študentov aj tým, že uvidia prácu svojich kolegov z iných fakúlt a že pri tom nadviažu nové osobné kontakty. Pokúsime sa týmto prispieť k udržiavaniu vedeckej komunity v našom geografickom priestore v tradícii vedy ako kolektívneho úsilia.

Radi by sme sa poďakovali všetkým tým, ktorí sa dlhodobo a obetavo venujú organizácii súťaže ŠVOČ. Konkrétne sa jedná o vyhlasovateľov súťaže, ktorými sú Česká matematická spoločnosť Jednoty českých matematiků a fyziků a Slovenská matematická spoločnosť Jednoty slovenských matematikov a fyzikov.

Podakovanie patrí aj členom miestneho organizačného výboru záverečného kola, Jaroslavovi Guričanovi, Marcelovi Makovníkovi, Pavlovi Bokesovi, Tomášovi Plachetkovi a Petrovi Babincovi, ako aj ďalším pracovníkom a doktorandom z FMFI UK, ktorí prispeli v rôznych fázach organizácie súťaže.

Ďakujeme taktiež partnerom podujatia, spoločnostiam Qminers, Brightpick a Finamis, ako aj Nadácii Jána Korca za podporu.

Prajeme vám všetkým veľa šťastia a príjemný pobyt v Bratislave.

Za usporiadateľa záverečného kola,

Tibor Macko

vedúci Katedry algebry a geometrie

Obsah

Program	8
Mapka fakulty	9
Sekcie [M1]+[M2]	10
Vnoření součtů a průniků prostorů funkcí <i>Pavel Berkman, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	10
Properties of integral operators on spaces endowed with rearrangement-invariant quasinorms <i>Ivan Kotalík, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	10
Function spaces and convergence of Fourier series <i>Jan Moldavčuk, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	11
Uniform decay of functions at infinity and norm inequalities <i>Maximilián Pándy, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	11
Classical Lorentz sequence spaces <i>Petr Velyčko, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	12
On a few counterexamples to solvability of the div equation in domains with ex- ternal cusps <i>Matúš Letko, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	12
Invariant Manifolds and Applications <i>Filip Voženišek, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i> . . .	13
Sekcie [M3]+[M4]	14
Vlastnosti Pólyova–Lundbergova procesu a jeho reprezentace <i>Igor Böhm, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	14
Tenzorová regrese a kanonická polyadická dekompozice <i>Jakub Cihlár, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	15

Odhad parametrů rozdělení pomocí minimalizace mocninné divergence <i>Markéta Hanušková, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	15
Specificity of the Methodology for Detecting Anomalies in Athletes' Biological Passports Used in Anti-Doping Testing <i>Zuzana Kováčová, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	15
Two-Stage and Bilevel Programming <i>Jakub Kašný, VUTB, Brno, Fakulta strojního inženýrství</i>	16
Míra s minimální entropií: Diskrétní rozdělení <i>Michal Kuba, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	17
Zobecněný Lloydův algoritmus a jeho aplikace <i>Marek Maxa, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	17
Renewal-reward processes in non-life insurance <i>Matej Mifkovič, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	18
Sekcia [M5]	19
Charakterizace perfektních okruhů <i>Jakub Černý, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	19
On the lattice of multi-sorted relational clones on a two-element set <i>Vojtěch David, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	19
Non-decomposable Binary Quadratic Forms over Number Fields <i>Simona Hlavinková, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	20
Grupa Rubikovy Kostky <i>Jakub Jelen, Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta</i>	20
Acyclic Below-Bounded Cochain-Complexes of Projectives <i>Jindřich Novák, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	21
Conway's topograph <i>Emma Pěchoučková, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	22
Reichenbach's causal completeness of quantum probability spaces <i>Jan Ševic, Dominika Burešová, Kamila Houšková, ČVUT, Praha, Fakulta elektrotechnická</i>	22
Sekcia [M6]	24
Construction of 1-planar unit distance graphs with more edges than matchstick graphs <i>Eliška Červenková, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	24

Twin-Width Fuzzification	
<i>Marek Effenberger, VUTB, Brno, Fakulta informačních technologií</i>	25
Graph Covers	
<i>Filip Filipi, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	25
Optimalizácia algoritmu pre testovanie kritickosti snarkov	
<i>Jan Gottweis, Jozef Rajník, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	26
Estimating multicolor ordered Ramsey numbers	
<i>Klára Grinerová, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	26
O farbení rovinných grafů s jedinečnými farbami na stenách	
<i>Bohuslav Líška, UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta</i>	27
Atraktory slov kódujících beta-celá čísla	
<i>Martina Moravcová, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i>	27
Cyclic edge-connectivity of junctions of multipoles	
<i>Erik Řehulka, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	28
Sekcie [M7]+[M8]	29
Vlastnosti algebraických stabilizací pro rovnice konvekce-difúze	
<i>Ondřej Brichta, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	29
Analýza akustických hudbních signálů pomocí waveletové transformace	
<i>Matouš Brodský, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	30
Robust Contact Detection in Finite Element Analysis	
<i>Daniel Burkart, VUTB, Brno, Fakulta strojního inženýrství</i>	30
Implicit Symplectic Integrators	
<i>Matěj Gajdoš, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	31
Laplaceova interpolácia, jej vlastnosti a aplikácie	
<i>Artem Legeida, Prof. RNDr. Karol Mikula, STU, Bratislava, Stavebná fakulta</i>	31
Haarovy systémy	
<i>Matúš Mintál, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	32
Dispersion of a point set	
<i>Matěj Trödlér, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i>	32
The optimization of a deep learning algorithm based on forward-backward non-linear diffusion of natural networks	
<i>Katarína Káčer, STU, Bratislava, Stavebná fakulta</i>	33

Asymptotic methods and their use for heterogeneous filtering tasks <i>Vojtěch Kužel, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská . . .</i>	33
Simulace stlačitelného proudění pomocí mřížkové Boltzmannovy metody <i>Ondřej Marek, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská . . .</i>	34
Iterační dynamika v komplexní rovině <i>Tomáš Nguyen, prof. Dr. Ing. Michal Beneš, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská</i>	34
Effects of Diffusion on Territory Formation in Wolf Populations <i>Andrej Špitalský, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	35
Sekcie [I1]+[I2]	36
Efficient representations of vectors in non-expansive matrix systems <i>Adam Blažek, ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská . . .</i>	36
Translation of MSOL formulas to finite automata <i>Jarmila Fialová, České Vysoké Učení Technické v Praze, Fakulta Informačních Technologií</i>	37
Data Structures for Sketching Dynamic Sets <i>Vojtěch Gadůrek, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	37
Power of Supplementary Information for Unary Regular Languages <i>Vincent Hlaváč, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	38
Targeted optimization of masked superstrings for k-mer sets <i>Ján Plachý, UK, Praha, Přírodovědecká fakulta</i>	39
Usefulness of information for bounded regular languages <i>Andrej Ravinger, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	39
Deciding Primality of Permutation Automata <i>Alexandra Reviláková, Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky</i>	40
Vplyv viackrokového dotrénovania na úspešnosť a vysvetliteľnosť klasifikácie obrazov z optickej koherenčnej tomografie <i>Samuel Gibala, Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky</i>	40
Aplikácia hlbokých neurónových sietí pre analýzu kožných lézií <i>Sabína Ovčiariková, doc. Ing. Erik Kučera, PhD., Slovenská technická univerzita, Bratislava, Fakulta elektrotechniky a informatiky</i>	41

Neural Models for Multilingual Inflection <i>Tomáš Sourada, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	41
Sekcie [I3]+[I4]	43
Hybrid noise reduction <i>Roman Jančich, Marcel Makovník, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	43
Detecting 3D Line Segments for Pose Estimation <i>Matej Mok, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	43
Návrh monitorovacej platformy v podmienkach chovu laboratórných zvierat <i>Zuzana Baluchová, UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta</i>	44
Testing the limits of differential MITM attacks <i>Peter Grochal, Martin Stanek, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	45
Využití strojového učení pro tvorbu umělé inteligence v turn-based hře <i>Matyáš Halíř, UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta</i>	45
Implementácia šifrovacieho stroja Condenser PBJ <i>Ján Mikulec, STU, Bratislava, Fakulta informatiky a inf. technológií</i>	46
Reactive web framework in a pure functional language <i>Matej Nižník, UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta</i>	47
Analýza genomickej kompozície v diagnostike rakovinových ochorení <i>Ondrej Škorňák, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	47
Hardvérové MITM útoky na komunikáciu po zberniciach <i>Dennis Vita, UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky</i>	48

Program

25. máj 2025 (nedeľa)

19:00 - 21:00 Možnosť registrácie v hoteli

26. 5. 2025 (pondelok)

8:00 Registrácia

8:45 Otvorenie a prezentácia sponzorov

9:50 Prednášky v sekciách

10:50 Prestávka na občerstvenie

11:10 Prednášky v sekciách

12:10 Obed

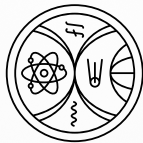
13:10 Prednášky v sekciách

15:00 Exkurzia

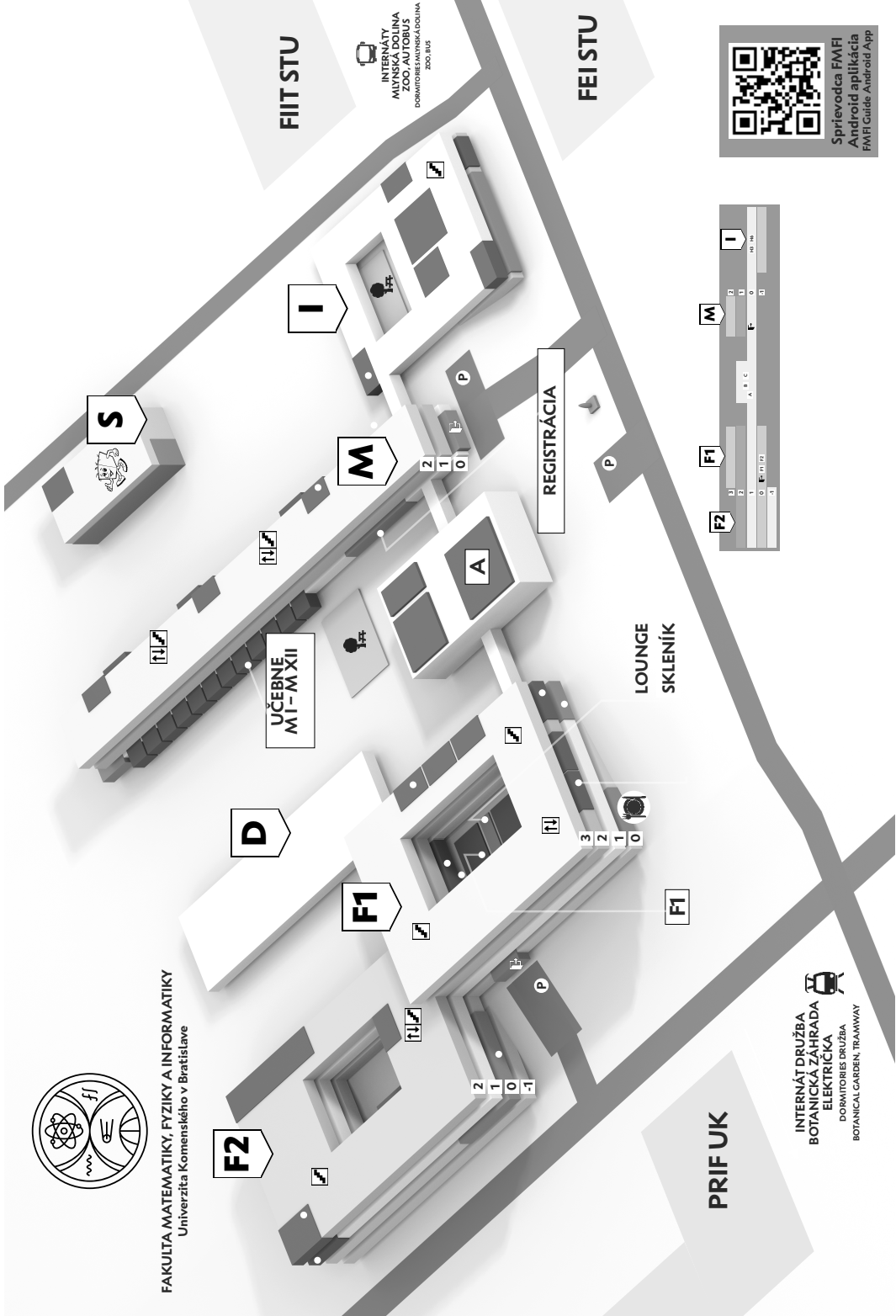
17:30 Vyhlásenie výsledkov

18:30 Raut

27. 5. 2025 (utorok) Koniec konferencie, odchod účastníkov.

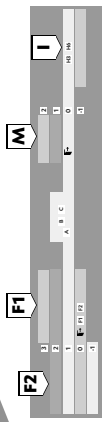


FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
Univerzita Komenského v Bratislave



INTERNÁT
MIMO ZOO AUTOBUS
ZOO
DOLINA BĚSÁVNICKÁ DOLINA
ZOO BUS

Spríevodca FMFI
Android aplikácia
FMFI Guide Android App



INTERNÁT DRUŽBA
BOTANICKÁ ZAHRADA
ELEKTRICKÁ
DORMITORIES DRUŽBA
BOTANICAL GARDEN, TRAMWAY

Sekcia Matematická analýza

[M1] – Teória funkcií a funkčných priestorov

+

[M2] – Teória diferenciálnych a integrálnych rovníc

Porotcovia:

- Mgr. Michal Pospíšil, PhD. (FMFI UK, BA)
- MSc. Ing. Dávid Juhász, PhD. (SvF STU, BA)
- doc. Ing. František Štampach, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)

Vnoření součtů a průniků prostorů funkcí

Pavel Berkman

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

V předložené práci charakterizujeme vnoření $X \hookrightarrow Y$, kde jak prostor X , tak prostor Y jsou buď Lebesgueovy prostory s různými mírami, nebo představují součet či průnik těchto prostorů. V případě neatomických měr podáváme úplný popis optimálních konstant uvedených vnoření, a to ve vztahu k příslušným měrám a exponentům. Dále rozšiřujeme některé výsledky týkající se nerostoucího přerovnání funkce. Použité důkazové techniky se opírají o standardní výsledky teorie míry a funkcionální analýzy včetně Radonovy-Nikodymovy věty, Hölderovy nerovnosti a vlastností nerostoucího přerovnání. Prezentované výsledky hodlá autor uplatnit jako diplomovou práci. Předložený text nebyl v soutěži SVOČ ani dalších podobných soutěžích dosud uplatněn.

Properties of integral operators on spaces endowed with rearrangement-invariant quasinorms

Ivan Kotalík

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

In this paper, we study the behavior of integral kernel operators acting on functions of a single real variable in Banach function spaces with rearrangement-invariant quasinorms. Our goal is to find good candidates for optimal domain and optimal range spaces for these integral operators. To achieve this, we provide necessary and sufficient conditions for the existence of a pointwise estimate, which is of a certain form, for their non-increasing rearrangement.

We also build a theory of optimal domain and optimal range spaces for a special type of integral operator with a variable upper bound. We use these results to find the desired candidates. Furthermore, we show that these spaces are, in fact, optimal for a particular class of operators.

Function spaces and convergence of Fourier series

Jan Moldavčuk

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This thesis studies the structure and properties of a rearrangement-invariant quasi-Banach space $QA_{\varphi,\psi}$ which generalizes the classical space QA introduced by Arias-de-Reyna in connection with the study of the pointwise almost everywhere convergence of Fourier series. We describe the Banach envelope of $QA_{\varphi,\psi}$ and explore the relationship between $QA_{\varphi,\psi}$ and other rearrangement-invariant Banach spaces.

Uniform decay of functions at infinity and norm inequalities

Maximilián Pándy

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This work investigates a uniform decay condition that arises in the study of the compactness of Sobolev embeddings for subspaces of radially symmetric functions within the context of rearrangement-invariant function spaces. This condition serves, in a sense, as a complementary concept to almost-compact embeddings between spaces of infinite measure. We provide a systematic treatment of this condition, including a characterization in terms of function convergence as well as a characterization that does not rely on the nonincreasing rearrangement. Additionally, we present further characterizations of the uniform decay property for various rearrangement-invariant function spaces, including Lorentz and Orlicz spaces, as well as Lorentz and Marcinkiewicz endpoint spaces. The work will be used as the author's bachelor's thesis.

Classical Lorentz sequence spaces

Petr Velyčko

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

The main goal of this work is to formulate some basic properties of the classical Lorentz sequence spaces, which, unlike Lorentz function spaces, were not widely studied before. First a sequence is taken and its decreasing rearrangement is defined, then we proceed by defining its Lorentz norm functional and spaces generated by it. In the second chapter a necessary and sufficient condition for the functional in question to be a norm is formulated, which is followed by an equivalent condition for it to be a quasinorm and finally in the last chapter we prove that quasinormability is equivalent to the space being linear, that means, closed under addition and multiplication by a scalar.

On a few counterexamples to solvability of the div equation in domains with external cusps

Matúš Letko

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This paper examines the solvability of the equation $\operatorname{div} \mathbf{u} = \mathbf{f}$ with a zero Dirichlet boundary condition for \mathbf{u} . A classical result establishes that for a bounded domain $\Omega \subset \mathbb{R}^N$ with a Lipschitz boundary and for $f \in L^p(\Omega)$ with zero mean value there exists a solution $\mathbf{u} \in (W_0^{1,p}(\Omega))^N$ for $1 < p < \infty$ with the $W^{1,p}$ norm controlled by the L^p norm of the right-hand side f . The results were extended to John domains and excluded the existence of the solution operator in domains with external cusps. Our aim is to specify at least some classes of the right-hand sides for which the problem cannot have a solution in the space $W_0^{1,p}(\Omega)$. We first extend the counterexample by Luc Tartar originally formulated for right-hand side functions in $\overline{L^2}$ in two space dimensions to a more general class of functions in $\overline{L^p}$ spaces and a more general type of singular domains. We then generalize this result to an arbitrary dimension N . Returning to two space dimensions, we investigate domains with boundary properties superior to those of previously studied Hölder continuous domains and construct counterexamples also in this situation.

Invariant Manifolds and Applications

Filip Voženilek

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Práce se zabývá kvalitativní teorií obyčejných diferenciálních rovnic. V úvodu jsou připomenuty základní definice a poznatky z geometrické teorie. Druhá kapitola se věnuje výkladu teorie invariantních variet. Jedná se o větu o stabilní varietě a o větu o centrální varietě. Dále je prezentován princip redukce soustavy rovnic na centrální varietu. Teoretickou část zakončuje formulace věty o aproximaci centrální variety. V příkladové části je aplikována věta o redukci a věta o aproximaci na Rösslerovu a Lorenzovu soustavu rovnic za účelem vyšetření stability.

Práce vznikla v rámci výzkumného úkolu na fakultě a tematicky navazuje na téma bakalářské práce, kde se autor zabýval Morseho teorií a Hartman-Grobmanovou větou. Jako přínos práce autor považuje samostatné zpracování druhé části důkazu věty o stabilní varietě: reprezentace stabilní množiny (stabilní variety) lokálně jakožto grafu funkce a zpracování příkladů. Práce nebyla prezentována na žádné soutěži.

Sekcia

[M3] – Teória pravdepodobnosti a matematická štatistika

+

[M4] – Ekonometria a finančná matematika

Porotcovia:

- Mgr. Samuel Rosa, PhD. (FMFI UK, BA)
 - prof. RNDr. Ivan Žežula, CSc. (PriF UPJŠ, KE)
 - doc. RNDr. Matúš Maciak, Ph.D. (MFF UK, Praha)
-

Vlastnosti Pólyova-Lundbergova procesu a jeho reprezentace

Igor Böhm

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Tématem této práce je Pólyův-Lundbergův proces. Jedná se o nehomogenní Markovův řetězec, který představuje jisté zobecnění široce používaného Poissonova procesu. Hlavním cílem této práce bylo formálně odvodit některé důležité vlastnosti tohoto náhodného procesu a ukázat, že jej lze ekvivalentně reprezentovat třemi různými způsoby, a tedy i aplikovat v několika zdánlivě nesouvisejících situacích.

Hlavním přínosem práce je vypočítání pravděpodobností přechodů Pólyova-Lundbergova procesu, což je nový poznatek o něm. To spočívalo ve vyřešení soustavy lineárních parciálních diferenciálních rovnic. Dalším přínosem práce je rozepsání a dokázání již známých faktů o tomto náhodném procesu, které se v literatuře vyskytují málo, a tato fakta jsou uváděna do širšího kontextu náhodných procesů, konkrétně jsou porovnávána s již zmíněným homogenním Poissonovým procesem.

Celá práce je založena na autorově bakalářské práci obhájené v roce 2023, která byla také pod vedením doc. Zbyňka Pawlase. Tato bakalářská práce získala v roce 2023 cenu Josefa Štěpána za vynikající bakalářskou práci.

Tenzorová regrese a kanonická polyadická dekompozice

Jakub Cihlář

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

V této soutěžní práci SVOČ je představena problematika analýzy tenzorových dat. Nejprve jsou zde vysvětleny základní pojmy a operace spojené s tenzory. Dále je pozornost věnována CP dekompozici a metodám určování hodnoty tenzoru. Ve druhé části práce je popsána tenzorová lineární regrese, přičemž je zde zobecňuje metoda nejmenších čtverců pro tenzorová data. Uvedena je i další metoda pro řešení tenzorové lineární regrese, metoda ALS. V závěrečné části jsou teoretické poznatky aplikovány na reálný datový soubor a interpretovány pomocí statistických ukazatelů kvality modelu.

Odhad parametrů rozdělení pomocí minimalizace mocninné divergence

Markéta Hanušková

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Práce se zabývá metodou odhadu parametrů pomocí minimalizace mocninné divergence, jejím odvozením a vlastnostmi. Je zde uvedeno detailní odvození asymptotického rozdělení získaného odhadu. Práce pokračuje podrobnou aplikací získaných výsledků a ověřením potřebných předpokladů u vybraných pravděpodobnostních rozdělení: exponenciálního rozdělení s jedním neznámým parametrem a normálního rozdělení se dvěma neznámými parametry. Na závěr je provedena simulační studie, která ilustruje teoretické výsledky a nabízí porovnání vlastností odhadů pro různá nastavení vstupních parametrů. Výsledky prezentované v této SVOČ hodlá autorka uplatnit jako bakalářskou práci.

Specificity of the Methodology for Detecting Anomalies in Athletes' Biological Passports Used in Anti-Doping Testing

Zuzana Kováčová

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

The Athlete Biological Passport (ABP) is a tool frequently used for the long-term monitoring of athletes' blood physiological parameters, aimed at detecting deviations that may indicate doping. Built on Bayesian statistics, this approach enables the continuous refinement of each athlete's reference values by

integrating successive measurements. Despite its broad application as an anti-doping measure across various sports, the detailed methodology and proprietary software behind its implementation remain undisclosed. In endurance sports, concerns have emerged regarding the model's apparent low specificity, which often leads to lengthy and complicated arbitration processes.

In this work, we review the principles of Bayesian statistics and demonstrate their application within the framework of the Biological Passport. We replicate the implementation of the model and present a comprehensive analysis based on systematic numerical testing. Additionally, we propose replacing the log-normal distribution with an inverse gamma distribution, enabling explicit analytical computation and overcoming the reliance on stochastic simulations. The final section critically examines the limitations of the model, particularly in cases involving athletes with exceptional physiological profiles that are not properly characterized by the model or in situations where the number of available tests is low.

Two-Stage and Bilevel Programming

Jakub Kašný

VUTB, Brno, Fakulta strojního inženýrství

This work is concerned with two major classes of hierarchical and stochastic optimization models: two-stage programming models and bilevel programming models. It provides an overview of classical models as well as novel extensions. A key contribution is the theoretical investigation of relationships between these models without relying on Karush-Kuhn-Tucker reformulations. And secondly demonstration of equivalence of the forms of Karush-Kuhn-Tucker reformulations, thus providing a theoretical foundation for using established bilevel algorithms on stochastic bilevel problems and two-stage problems. Several solution methods are discussed for both linear and nonlinear bilevel and two-stage problems. The selected algorithms are implemented and tested on benchmark examples. The results confirm the theoretical findings and highlight practical aspects of models reformulation and solvers efficiency.

Míra s minimální entropií: Diskrétní rozdělení

Michal Kuba

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Při modelování trhů na filtrovaných pravděpodobnostních prostorech rozlišujeme dva případy: kompletní a nekompletní trhy. V nekompletním trhu existuje obecně nekonečně mnoho martingalových měr, pod nimiž nevzniká arbitráž. V této práci se zaměříme na zcela novou míru z této třídy, která minimalizuje relativní entropii vůči fyzické míře. Nejprve pro ni vybudujeme potřebné teoretické zázemí vycházející z dosavadní literatury a aktuálních poznatků, poté dokážeme její existenci, vysvětlíme, proč je vhodnou volbou pro bezarbitrážní oceňování, a nakonec předvedeme několik praktických příkladů jejího výpočtu.

Zobecněný Lloydův algoritmus a jeho aplikace

Marek Maxa

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Tato soutěžní práce se zabývá řešením problému optimální lokace pomocí zobecněného Lloydova algoritmu. Nejprve je formulován matematický model problému optimální lokace, jenž je následně převeden na minimalizační úlohu systému diskrétních energií centroidální silové mozaiky. Je popsána iterativní metoda zobecněného Lloydova algoritmu pro hledání kritických bodů této energie. V práci jsou diskutovány vlastnosti algoritmu, jeho konvergence a možné modifikace. Numerická implementace je aplikována na vybrané příklady včetně grafické ilustrace výsledků.

Renewal-reward processes in non-life insurance*Matej Mifkovič**UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta*

The author introduces the basics of renewal theory in the context of non-life insurance. The main focus of the work is to present a rigorous and detailed treatment of renewal and renewal-reward processes, with particular attention to expanded proofs and illustrative theoretical and simulation examples. The author's contribution consists of unifying and clarifying concepts from various authors, expanding proofs in a detailed and rigorous manner, and demonstrating key practical results through simulation examples. The work also provides a step-by-step derivation of the Cram'er–Lundberg approximation for the ruin probability. The body of this work will form the part of theoretical section of the author's master's thesis. The author declares that this work, or any part of it, has not been submitted to SVOČ nor to any other similar competition before.

Sekcia Matematick6 štrukt6ry

[M5] – Algebra, topol6gia a geometria

Porotcovia:

- prof. Ing. Edita Pelantov6, CSc. (FJFI VUT, Praha)
- doc. RNDr. Martin Maaj, PhD. (FMFI UK, BA)
- Mgr. Martin Vodika, PhD. (PriF UPJŠ, KE)

Charakterizace perfektn6 okruh6

Jakub ern6

UK, Praha, Matematicko-fyzik6ln6 fakulta

V t6to pr6ci prov6d6me d6kaz Bassova Teor6mu P, v6ty charakterizuj6c6 perfektn6 okruhy, pomoc6 element6rn6ch n6stroj6 z teorie modul6 a teorie kategori6. D6kazy implikaci ve tvrt6 kapitole pr6ce jsou zpracov6ny, na rozd6l od p6vodn6ho Bassova l6nku, jin6m zp6sobem, kter6 se vyh6b6 využit6 tenzorov6ho souinu a derivovan6ch funktor6 Ext a Tor. D6le je zpracov6n Bergman6v p6klad okruhu, kter6 je perfektn6 z pr6v6 jedn6 strany, a uk6zeme, že okruhy artinovsk6 z libovoln6 strany jsou perfektn6. D6le uk6zeme, že perfektn6 noetherovsk6 okruhy jsou artinovsk6, a nakonec, že perfektn6 obory jsou nekomutativn6 t6lesa. Jedn6 se o bakal6rskou pr6ci.

On the lattice of multi-sorted relational clones on a two-element set

Vojt6ch David

UK, Praha, Matematicko-fyzik6ln6 fakulta

We introduce a new approach to the description of multi-sorted clones (sets of k -tuples of operations of the same arity, closed under coordinate-wise composition and containing all projection tuples) on a two-element domain. Leveraging the well-known Galois connection between operations and relations, we define a small class of canonical relations sufficient to describe all Boolean multi-sorted clones up to non-surjective operations. Furthermore, we introduce elementary operations on relations, which are less cumbersome than general formulas and have many useful properties. Using these tools, we provide a new and elementary proof of the famous Post's lattice theorem. We also show that every multi-sorted clone of k -tuples of operations decom-

poses into a surjective part described by canonical relations and $2k$ clones of $(k - 1)$ -tuples of operations. This structural understanding allows us to describe an embedding of the lattice of multi-sorted clones into a well-understood poset. In particular, we rederive – by a simpler method – a result of V. Taimanov originally from 1983, showing that every multi-sorted clone on a two-element domain is finitely generated. Finally, we also give a concise proof of the Galois connection between (surjective) multi-sorted clones and the corresponding closed sets of relations.

This paper tackles the same topic as author's Bachelor thesis but significantly improves the approach and presents new results. Additionally, one standalone result – obtained differently – was previously presented at last year's SVOČ.

Non-decomposable Binary Quadratic Forms over Number Fields

Simona Hlavinkov

UK, Praha, Matematicko-fyzikln fakulta

The main objects of interest of the thesis are non-decomposable quadratic forms over totally real biquadratic and the simplest cubic fields. We prove that in every totally real biquadratic field there is a non-decomposable quadratic form. A similar result is also proved for the simplest cubic fields. Moreover, we find some relations for two- and three-time indecomposable integer of the special type. These relations help us to find a lower bound for the number of all non-decomposable quadratic forms in the simplest cubic fields

Grupa Rubikovy Kostky

Jakub Jelen

Univerzita Hradec Králové, Prodovdeck fakulta

Bakalrsk práce se zamřuje na propojen Rubikovy kostky a teorie grup. V první kapitole jsou zavedeny pojmy z teorie grup, které se v práci využívají. Dle je v práci popsána grupa Rubikovy kostky generovan pohyby jednotlivých stěn, jsou popisovány povolen a nepovolen konfigurace Rubikovy kostky. V předposlední kapitole se tyto poznatky využijí k nalezen algoritmu, pomocí kterých složíme Rubikovu kostku. Nakonec práce hled a popisuje zkladn konfigurace jednotlivých orbit akce Rubikovy kostky na množíne vsch konfigurací. Výsledky prezentovan v této SVOČ autor uplatnil a úspšn obhjel jako bakalrskou práci. Výsledky prezentovány na Noci vdnc 2023, jsou

využívány pro demonstraci v rámci výuky algebry na univerzitě Hradec Králové. V soutěži SVOČ ani dalších podobných soutěžích dosud žádný z výsledků uplatněn nebyl.

Acyclic Below-Bounded Cochain-Complexes of Projectives

Jindřich Novák

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

It is an elementary fact of Homological Algebra, used in the construction of derived functors, that every acyclic bounded-above cochain-complex of projective modules over any ring is contractible. However, establishing the same result for bounded-below cochain-complexes of projective modules is a significantly more difficult problem—one that remained largely unaddressed until the recent contributions of to Tsutomu Nakamura, Peder Thompson, Christian Haesemeyer, Liran Shaul, Leonid Positselski, and Amnon Neeman, amongst others. The present work is our attempt to contribute to their work in several ways, structured across four chapters, which we shall now lay out. The first chapter is mainly motivational and provides a foundation for the rest of our work. The second chapter proves a dual result to Peder Thompson and Christian Haesemeyer's, namely that acyclic bounded-below cochain-complexes of projective modules always contract over commutative, Noetherian rings. The third chapter shows the same for those cochain-complexes whose constituent modules, taken over a general ring, are finitely generated; our approach mirrors that of Christian Haesemeyer, with the goal of making his concise proof accessible by filling omissions in his argument and developing the necessary, albeit somewhat obscure, theory of 'true grade'. In the fourth chapter, we prove that—over any coherent ring with a finite supremum on the projective-dimension of flat modules—all acyclic, bounded-below cochain-complexes of projective modules contract if and only if all acyclic, bounded-above cochain-complexes of injective modules do; this is a new result and may be viewed as a further development of Leonid Positselski's work wherein he showed a unidirectional implicative relationship between the two conditions. While doing so, we introduce the concept of 'cyclophilic and cocyclophilic rings' and we conclude this work with a brief account of their most immediate properties and invariants.

Conway's topograph

Emma Pěchoučková

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

John H. Conway has introduced the concept of the topograph, which is a graph that contains all possible bases of \mathbb{Z}^2 as its edges. This work seeks to define the topograph and rigorously prove its key properties. It presents a novel approach to exploring the structure through sets of neighbours and matrix operations, ultimately establishing the equivalence of previously known definitions. Therefore, the topograph can be treated as a graph. Additionally, the work explains the connection between the topograph and continued fractions and provides illustrated examples. This work originated as a Bachelor's thesis.

Reichenbach's causal completeness of quantum probability spaces

Jan Ševic, Dominika Burešová, Kamila Houšková

ČVUT, Praha, Fakulta elektrotechnická

Reichenbach's common cause principle (RCCP) is a metaphysical claim about the causal structure of the world. In this work, we adopt its mathematical formulation. We find explicit requirements for a state to have a common cause in a quantum logic. We show that the notion of *maximal* correlation in quantum logics differs considerably from the classical case. We answer an open question by providing a counterexample based on a quantum logic given by a free orthomodular lattice. The rest of our work is devoted to the notion of common cause completeness (CCC). We find a smallest possible system that is non-trivially CCC. Then we find a relation between the Darboux property and RCCP. We invent a new technique for obtaining the result that atomless σ -complete quantum logics are CCC. We correct the claim that quantum probability spaces with one atom must be CCC. For compatible events, we give a simplified proof of the existence of a common cause; for non-compatible ones, we present a counterexample. The abundance of quantum logics which are common cause incomplete raises the question whether they can be *embedded* into common cause complete ones. This was formulated as one of the most important open questions in the monograph "*The Principle of the Common Cause*", and before our work, no such result has been published. We succeeded in constructing such an embedding for quantum logics with finitely many atoms. We can even allow a countably infinite set of atoms under an additional condition that the embedded quantum logic is of finite height. Thus,

we give a rather general answer to the principal open question. The contribution of the group was significant in several lines of open questions. The work resulted in two papers (with above 50 % contribution of the authors), one of which was accepted, one submitted for publication. We also presented our results at seminars and conferences, for example, the IQSA conference. A portion of this work will be used in one of the author's master's thesis.

Sekcia Matematické štruktúry

[M6] – Teória grafov a kombinatorika

Porotcovia:

- doc. RNDr. Ján Mazák, PhD. (FMFI UK, BA)
 - doc. RNDr. Tatiana Jajcayová, PhD. (FMFI UK, BA)
 - RNDr. Martin Pergel, Ph.D. (MFF UK, Praha)
-

Construction of 1-planar unit distance graphs with more edges than matchstick graphs

Eliška Červenková

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

A matchstick graph is a plane graph whose edges are represented by line segments of unit length. For this graph class, Harborth conjectured an upper bound on the maximum number of edges, which was later confirmed by Lavollée and Swanepoel. In this work, the focus shifts to 1-planar unit distance graphs, which are graphs that admit a drawing in the plane where all edges are unit-length line segments and each edge is involved in at most 1 crossing. Previously, for such graphs, the best construction to achieve as many edges on n vertices as possible was the construction of matchstick graphs with the maximum possible number of edges. In this thesis, the author presents three new constructions of 1-planar unit distance graphs, yielding a higher number of edges than matchstick graphs on the same number of vertices. An even stronger version of this statement is then stated and proved: for every t , there exists $n(t)$, such that for every $n > n(t)$ there is a 1-planar unit distance graph on n vertices with at least t more edges than any matchstick graph on the same number of vertices has. This answers an open question posed by Gehér and Tóth. The text will be used in author's master thesis. This work has never been submitted or used in any SVOČ or similar competition.

Twin-Width Fuzzification

Marek Effenberger

VUTB, Brno, Fakulta informačních technologií

Twin-width is a graph complexity measure which utilises sequences of vertex contractions to describe the structural complexity of any given graph using a single integer. Fuzzy graphs extend the notion of crisp graphs by assigning each vertex and edge a membership value on a real interval representing various degrees of uncertainty. At the time of writing this thesis, no attempts to expand the twin-width notion to fuzzy graphs have been documented in the literature. The primary result of this work is the fuzzification of twin-width. This work facilitates the fuzzification process, emphasises its properties and discusses the boundedness of the newly presented measure, fuzzy twin-width, within certain fuzzy graph families. The author's main contribution is the formulation of the fuzzy twin-width measure, description of its properties and discussion of its boundedness in certain fuzzy graph families. The author intends to use the results presented as part of their diploma thesis. None of these results have been previously submitted to ŠVOČ or any other similar competitions.

Graph Covers

Filip Filipi

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

A covering projection is a locally bijective homomorphism from a graph A to a connected graph B . Multiple edges, loops and semi-edges are considered but the Strong Dichotomy Conjecture asserts that for a fixed connected graph H , the complexity of determining whether G covers H is already dictated by simple graphs G . A quasi-order was introduced: A connected graph A is stronger than a connected graph B if every simple graph covering A also covers B .

In 2022, Kratochvíl conjectured that if A has no semi-edges, then A is stronger than B iff A covers B . Kratochvíl & Nedela proved this conjecture when B is a cubic one-vertex graph, or A is a dipole with no loops and no semi-edges.

In a follow up to their work, we describe this relation fully for A being a one-vertex graph, a dipole with no semi-edges, an irregular dipole, and, partially, a general dipole. Consequently, we verify the conjecture in such cases. New methods are developed and their impact on counting disjoint perfect matchings in simple regular graphs is presented.

This text is the author's Master's thesis. It was prepared independently under the supervision of Prof. Jan Kratochvíl and has not yet been used in the SVOČ competition.

Optimalizácia algoritmu pre testovanie kritickosti snarkov

Jan Gottweis, Jozef Rajník

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Snark je 3-regulárny graf, ktorý nie je hranovo 3-farbený. Snark je kritický, ak po odstránení ľubovoľnej dvojice susedných vrcholov sa stane hranovo 3-zafarbitelným. Doterajšie algoritmy testujú kritickosť priamočiaro – postupne odstraňujú každú dvojicu susedných vrcholov a testujú zafarbitelnosť výsledného grafu.

V tejto práci predstavujeme efektívnejší algoritmus, ktorý v mnohých prípadoch redukuje počet potrebných testov zafarbitelnosti. Náš prístup využíva informácie z jedného testu zafarbitelnosti na výpočet zafarbitelnosti pre mierne odlišný vstupný graf, čím redukuje redundantné výpočty.

Kľúčovým prvkom je transformácia farbenia pomocou vhodne zvolených cyklov, čo umožňuje efektívne odhadnúť kritické dvojice vrcholov bez nutnosti explicitného testovania všetkých dvojíc. Navrhovaný algoritmus tak výrazne zrýchľuje testovanie kritickosti snarkov, nakoľko pre väčšinu testovaných kritických snarkov znížil počet volaní testu zafarbitelnosti na 1. Taktiež otvára zaujímavé teoretické otázky, ktoré môžu prispieť k výskumu kritických snarkov.

Estimating multicolor ordered Ramsey numbers

Klára Grinerová

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

We study multicolor ordered Ramsey numbers, an analog of the classical Ramsey numbers for an arbitrary number of colors and graphs with linearly ordered vertex sets. We generalize upper and lower bounds on two-colored ordered Ramsey numbers of ordered matchings by Conlon, Fox, Lee, and Sudakov to an arbitrary number of colors. Using the extremal theory of matrices, we prove that the q -color ordered Ramsey numbers of ordered matchings on n vertices with interval chromatic number two are in $n^{\Theta(q)}$, which is tight up to a constant in the exponent. We extend this result to ordered graphs with bounded degeneracy and with interval chromatic number two. Almost all of

these results were previously included in the bachelor's thesis Multi-colored Ordered Ramsey Numbers, but have not been submitted to SVOČ or any similar competitions.

O farbení rovinných grafov s jedinečnými farbami na stenách

Bohuslav Liška

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

V práci skúmame vlastné zafarbenia rovinných grafov, v ktorých sa na ľubovoľnej stene dve farby vyskytujú práve raz. V unique-maximum-one (UM1) zafarbení sú (na každej stene) jedinečné najväčšia a nejaká ďalšia farba, v unique-maximum-minimum (UMm) zafarbení sú jedinečné najväčšia a najmenšia farba a v unique-double-maximum (U2M) zafarbení sú jedinečné dve najväčšie farby.

Dokázali sme, že každý rovinný graf má vlastné UM1 6-zafarbenie, pričom toto horné ohraničenie už nemožno zlepšiť, lebo existuje rovinný graf, ktorý už na vlastné zafarbenie s dvomi ľubovoľnými jedinečnými farbami potrebuje šesť farieb.

Ďalej sme dokázali, že každé rovinné vnorenie 2-súvislého outer-1-planárneho grafu (t. j. grafu, ktorý možno v rovine nakresliť tak, že všetky vrcholy sú incidentné s neohraničenou oblasťou a každá hrana je preťatá najviac jednou inou hranou) má vlastné UMm 6-zafarbenie, čím sme v tejto triede grafov zlepšili horné ohraničenie UMm chromatického čísla zo 7 na (nezlepšiteľných) 6.

Napokon sme nájdením grafov, ktoré majú rôzne UMm a U2M chromatické čísla, ukázali, že tieto dve zafarbenia sú rôzne a neporovnateľné.

Atraktory slov kódujúcich beta-celá čísla

Martina Moravcová

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Tato práce se věnuje studiu atraktorů slov. Jde o objekt, který hraje velkou roli v oblasti datové komprese. V kombinatorice na slovech se intenzivně studují atraktory prefixů významných nekonečných slov. Zde se konkrétně věnujeme Parryho slovům, což jsou slova kódující mezery mezi β -celými čísly v numeračních systémech s reálným základem β . Jednoduchá Parryho slova již byla studována a pro prefixy byly nalezeny atraktory, o kterých se ale sami

autoři domnívali, že nejsou minimální. Výsledkem této práce je potvrzení jejich domněnky a nalezení minimálních atraktorů. Otevřenou otázkou zůstávaly atraktory prefixů nejjednodušších Parryho slov. Pro ně jsme našli atraktory prefixů v binárním případě.

Cyclic edge-connectivity of junctions of multipoles

Erik Řehulka

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Cyclic edge-connectivity is an interesting property of cubic graphs that has proven to be significant in graph theory. Research has shown that high cyclic edge-connectivity correlates with certain structural properties of cubic graphs, and notably, minimal potential counterexamples to several open problems need to have high cyclic edge-connectivity. However, the theoretical tools for determining cyclic edge-connectivity remain limited. In this work, we study cubic graphs built from smaller building blocks and demonstrate how we can determine the cyclic edge-connectivity of the resulting graph by imposing certain conditions for these blocks.

Sekcia Aplikovaná matematika

[M7] – Numerická analýza

+

[M8] – Matematické modely dynamiky

Porotcovia:

- doc. Mgr. Pavol Bokes, PhD. (FMFI UK, BA)
- doc. RNDr. Peter Frolkovič, PhD. (SvF STU, BA)
- doc. Ing. Marek Brandner, Ph.D. (FAV ZČU, Plzeň)

Vlastnosti algebraických stabilizací pro rovnice konvekce-difúze

Ondřej Brichta

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Předkládaná práce se zabývá numerickými metodami založenými na korekci algebraických toků (tzv. AFC schémata). Jedná se o třídu nelineárních metod určených pro diskretizaci okrajových úloh s eliptickými parciálními diferenciálními rovnicemi (stacionárními rovnicemi konvekce-difúze-reakce).

Nejprve je formulována obecná diskretní variační forma založená na klasické Galerkinově metodě. Pro tuto formu je dále analyzována platnost diskretních principů maxima. Na základě dosažených zjištění je poté odvozen obecný tvar AFC schémat.

Dále jsou představeny výsledky týkající se a priori odhadů chyb. Techniky těchto odhadů jsou demonstrovány (v kombinaci se standardní Aubin-Nitscheho metodou) na odvození odhadu chyby v L^2 -normě. V kontextu nelineárních AFC schémat představuje tento odhad nový výsledek.

Těžištěm práce je odvození nové metody založené na integrálních indikátorech hladkosti, o které je dokázáno, že patří do třídy AFC schémat. Konkrétně se jedná o variantu tzv. BBK metody se speciální volbou vah. Pro potřeby analýzy tohoto nového schématu bylo nutné vhodně rozšířit teoretické výsledky týkající se BBK metody.

Teoretickou výhodou této nové metody oproti standardnímu tvaru BBK metody je tzv. zachování linearity i v případě obecné triangulace. Tato vlastnost může v některých situacích vést k lepší konvergenci.

V závěru práce je studováno chování této metody při aplikaci na konkrétní okrajovou úlohu.

Předkládaný text vychází z diplomové práce autora.

Analýza akustických hudebních signálů pomocí waveletové transformace

Matouš Brodský

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Cílem této bakalářské práce je zkoumat efektivitu waveletové transformace při časově-frekvenční analýze hudebních signálů. Nejprve je zmíněno několik důležitých poznatků z teorie Fourierovy transformace a představena motivace pro zavedení waveletů, dále je položen teoretický základ transformace vlnkové. Jsou uvedeny nejčastěji používané typy waveletů, a ty jsou nakonec testovány na různých akustických signálech, které vyzdvihují silné stránky i nedostatky této metody.

Robust Contact Detection in Finite Element Analysis

Daniel Burkart

VUTB, Brno, Fakulta strojního inženýrství

Accurate and efficient detection of contact is a crucial step in computational contact mechanics. The finite element method, widely used for continuum mechanics problems, approximates real geometries by C^0 meshes, which must be considered in contact detection algorithms. The beginning of this thesis covers the fundamentals of variational formulation and the finite element method. Furthermore, the geometrical configuration of contact is analyzed in detail, and the closest point evaluation for C^2 boundary surfaces is discussed, including the consequences of C^2 continuity violations typical in finite element simulations. A variational inequality formulation for the frictionless contact of two deformable bodies is derived. An algorithm for effective contact detection based on bounding boxes and spatial decomposition (bucket search) is proposed, accompanied by practical implementation remarks. Finally, boundary surface smoothing using Nagata patches is discussed, and some illustrative figures from calculations using the proposed methods are presented. This thesis will be submitted as a bachelor's thesis and has not been entered into previous editions of the SVOČ competition or any similar competitions, nor any part of it.

Implicit Symplectic Integrators

Matěj Gajdoš

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This thesis studies symplectic integrators, a class of numerical solvers for ordinary differential equations which are suitable for solving problems from mechanics. The most important topics of numerical integration are presented, together with several formulations of classical mechanics. The most relevant is the Hamiltonian formulation and its connection to symplectic geometry. Afterwards, symplectic integrators are introduced together with several schemes and their important properties. Then, we theoretically investigate the perturbation of the symplectic structure matrix when implicit symplectic schemes are numerically solved; the results are somewhat novel. In particular, the Symplectic Euler scheme together with Fixed point iteration method is studied. The error of symplecticity is estimated in case of one degree-of-freedom systems. The emergence of deviation terms in the matrix of symplectic structure is shown for larger systems. Finally, two problems from mechanics and electromagnetism are numerically solved using symplectic integrators. The second problem is to find magnetic field lines, which can be described using a non-standard Hamiltonian. The presented text will be used in the author's bachelor thesis.

Laplaceova interpolácia, jej vlastnosti a aplikácie

Artem Legeida, Prof. RNDr. Karol Mikula

STU, Bratislava, Stavebná fakulta

V tejto práci sa venujeme Laplaceovej interpolácii a jej dvom aplikáciám. Prvá aplikácia sa týka rekonštrukcie poškodeného obrazu. Vytvorili sme algoritmus, ktorý môže zrekonštruovať obrázok aj po vymazaní až 98% pixelov. Druhá aplikácia sa týka výpočtu výšky vodnej hladiny (podzemnej aj povrchovej vody) na určitom území v hydrologickom modelovaní. Dokázali sme, že mokrad' zaznamenaná na mape z Druhého vojenského mapovania Rakúsko-Uhorska (1819 – 1869) stále existuje aj napriek vodohospodárskym úpravám v druhej polovici 20. storočia, a že má zmysel vrátiť územiu jeho pôvodnú prírodnú funkciu. Taktiež sme otestovali našu numerickú implementáciu porovnaním výsledkov s presným riešením priehybu membrány s fixovanými okrajmi a ukázali experimentálny rád konvergenencie numerickej metódy. Študovali sme aj zaujímavú vlastnosť riešenia Laplaceovej rovnice s Dirichletovými okrajovými podmienkami na riedkych vzorkách, tzv. Zarembov príklad.

Haarovy systémy

Matúš Mintál

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Základným obecným cieľom teórie aproximácie je nahradenie komplikovaných objektov inými, ktoré sú v určitom zmysle blízke a pritom zároveň sa dá s nimi ľahko pracovať. Štandardnou metódou je aproximácia spojitej funkcie pomocou polynómu. Rozšírením tejto metódy na ďalšie typy funkcií získavame aproximáciu pomocou zovšeobecnených polynómov. Klasický Haarov výsledok z roku 1917 uvádza, že existencia a jednoznačnosť najlepšej aproximácie spojitej funkcie na kompakte pomocou zovšeobecnených polynómov je ekvivalentná splneniu Haarovej podmienky. V tejto práci ukážeme niekoľko ekvivalentných formulácií Haarovej podmienky a ilustrujeme ich výhody na príkladoch. Pripomenieme dôležitú aplikáciu Haarových podmienok, takzvanú alternačnú vetu, a uvedieme jej použitie. Na záver dokážeme základné vlastnosti operátora najlepšej aproximácie.

Dispersion of a point set

Matěj Trödlér

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

This thesis explores the concept of dispersion of a point set, a fundamental quantity in computational geometry that measures the volume of the largest axis-aligned empty box in the unit cube avoiding a given set of points. Dispersion, a variable closely related to the more well-known concept of discrepancy, serves as an important indicator of the uniformity of point distributions and finds applications in numerical integration, optimization, machine learning, and computer graphics. This research refines lower bounds on the minimal number of points needed to achieve a given dispersion level. Through a noteworthy connection between dispersion and the concepts of restriction sets and cover-free families from combinatorics and extremal set theory, the thesis presents improved lower bounds on dispersion for sufficiently large volumes, where the gap from the known upper bound narrows to a logarithmic factor in the volume parameter ε . Remarkably, these advances are achieved by considering only a carefully chosen, restricted class of axis-aligned boxes, building on the results introduced by Ullrich and Vybíral. The superlinear property of dispersion, when exploited, proves to be a surprisingly powerful tool for extending these bounds. A generalization of the benchmark method, combined with this superlinear behavior, yields a series of new lower bounds valid for

arbitrary dimensions and volumes ε , significantly refining previously known estimates and establishing new state-of-the-art results. These findings deepen our theoretical understanding of high-dimensional geometry and offer practical insights into the study of space-filling point configurations.

The author actively contributed to the research behind two related articles – one already published and the other currently submitted as a preprint – by surveying the current state of the art and deriving the new results. In addition to preparing the initial draft of the second manuscript, the author played a valuable role in shaping the structure of both articles. Beyond their scope, the author conducted, as part of the diploma thesis, an in-depth survey and analysis of additional properties of the proposed constructions, examined the optimality of the results, and formulated and proved several supplementary lemmas, theorems, and corollaries that further strengthen and clarify the findings presented in the articles.

The optimization of a deep learning algorithm based on forward-backward nonlinear diffusion of natural networks

Katarína Káčer
STU, Bratislava, Stavebná fakulta

This paper deals with the adaptation and optimization of a numerical model for a deep learning algorithm based on forward-backward nonlinear diffusion on an oriented graph. A new stopping criterion is proposed to control the strength of diffusion during the dynamics of the numerical network. Furthermore, a new method for classifying new observations by using the stored intermediate results of the training sample dynamics is proposed here. The algorithm of the training phase is also modified in order to reduce the computational complexity of this process. Finally, a new way of computing the relevancy maps is presented here, with respect to the distance from the alpha shapes of the clusters.

Asymptotic methods and their use for heterogeneous filtering tasks

Vojtěch Kužel
ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Filtration of liquids and gases through a porous medium is a key process in many industrial and natural systems. Asymptotic methods represent a powerful tool for studying such processes, as they allow us to describe the micros-

structural heterogeneities of the filter on a global scale. In this work, we introduce a filtration model with heterogeneous microstructure and homogenize it using asymptotic methods, specifically the method of multiple scales. Unlike existing studies, we generalize the model by introducing a fluid incompressibility condition characterized by nonzero divergence. With this extension, we analyse the filtration process and its efficiency as a function of the filter's porosity gradient, obtaining original results. The text of this work will serve as the basis for the author's master's thesis.

Simulace stlačitelného proudění pomocí mřížkové Boltzmannovy metody

Ondřej Marek

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Tato práce pojednává o aplikaci entropické mřížkové Boltzmannovy metody (ELBM) na modelování dynamiky stlačitelných tekutin. Nejdříve je provedena rešerše dynamiky tekutin, mřížkové Boltzmannovy metody (LBM) a ELBM. Pro úlohu vázaného extrému entropie v ELBM byla s využitím grafické karty implementována modifikovaná Newtonova-Raphsonova metoda. Následně je proveden výzkum v oblasti okrajových podmínek v LBM. Vybrané metody pro okrajové podmínky jsou zobecněny pro vícerychlostní LBM modely pro aplikaci na použitý model D2Q49. Kapitola s numerickými simulacemi se nejdříve zaměřuje na porovnání odvozených implementací okrajových podmínek pro zed'. Nakonec jsou provedeny simulace měření koeficientů odporu a vztlačku válce a profilu NACA ve 2D pomocí tří modelů LBM a referenční metody konečných objemů.

Práce v rámci výzkumného úkolu hlouběji zkoumá téma studované v bakalářské práci a žádný z výsledků dosud nebyl uplatněn v soutěži SVOČ ani v jiných podobných soutěžích.

Iterační dynamika v komplexní rovině

Tomáš Nguyen, prof. Dr. Ing. Michal Beneš

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Se vzrůstajícím zájmem o kvantové technologie nabývá studium dynamických systémů na významu jako nástroj pro analýzu chování kvantových stavů. Tato práce se zaměřuje na dynamiku v komplexní rovině, zejména na komplexní dynamiku racionálních zobrazení. Podrobně jsou zkoumány topologické a geometrické vlastnosti Juliových a Fatouových množin a Mandelbrotovy

množiny, přičemž jsou využity pojmy Hausdorffovy míry a dimenze. Vlastním příspěvkem autora je konstrukce alternativních důkazů vybraných vlastností racionálních funkcí, konkrétně důkazu lipschitzovskosti racionálních funkcí a přenosu Julioových a Fatouových množin pod konjugací, a tvorba softwarových nástrojů pro vizualizaci těchto množin. Práce je úzce provázána s autorovým výzkumem v oblasti kvantové teorie informace a navazuje na předchozí studium dynamických systémů v komplexní rovině.

Effects of Diffusion on Territory Formation in Wolf Populations

Andrej Špitalský

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Territoriality is a commonly observed behavior in many animal species. One of the most well-known examples is wolf (*Canis lupus*) packs, which are able to divide a shared habitat into patches of near-exclusive use, ensuring safety and prey availability. Scent marking is the primary mechanism used to maintain territorial boundaries, but its dynamic effects make this behavior difficult to quantify and explain through field studies alone. We develop a stochastic model in which wolves are represented as random walkers with a time-dependent bias toward either the territorial boundary or their respective dens. Territory formation and defense are driven by reactive scent marking, which decays and diffuses over time. A high concentration of foreign scent shifts a wolf's movement bias away from the boundary, as direct confrontation is typically avoided. Our model shows that territories are inherently unstable, undergoing continuous fluctuations and shifts at the borders, which is an outcome consistent with field observations. We examine the role of scent diffusion, its effect on border movement, and the emergence of a no-use buffer zone. Our results are compared with those from previous studies of territorial random walker models involving constant-intensity scent marking and no diffusion.

Sekcie

[I1] – Teoretická informatika

+

[I2] – Umelá inteligencia

Porotcovia:

- prof. RNDr. Rastislav Kráľovič, PhD. (FMFI UK, BA)
 - Ing. Michal Hospodár, PhD. (MU SAV, KE)
 - RNDr. Vít Musil, Ph.D. (FI MUNI, Brno)
-

Efficient representations of vectors in non-expansive matrix systems

Adam Blažek

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Matrix numeration systems are a generalization of positional numeration systems, being able to represent vectors using strings of vector digits. An interesting special case are systems with the base in the form of a Jordan block with eigenvalue ± 1 . Following previous research, we answer some open questions about a specific numeration system of this kind, concerning the shortest possible representations of a given vector. We also come up with a new system which, compared to those previously investigated in this class, has the advantageous property of being able to represent all integer vectors using only the zero vector and one non-zero vector as digits. We investigate the minimal-length representations in this system as well and generalize it to arbitrary dimensions. To get better intuition for the numeration systems, we develop two web applications that visualize their properties. This text will be part of the author's master's thesis.

Translation of MSOL formulas to finite automata

Jarmila Fialová

České Vysoké Učení Technické v Praze, Fakulta Informačních Technologii

Using formal logic to verify practical solutions is a well-known method used by a wide variety of fields, ranging from hardware verification to controller synthesis. MONA is a tool that takes in a theory and outputs an automaton that can be used not only to verify, but also find solutions. It is an old tool, whose code is hard to comprehend and harder to modify. This thesis analyzes, recreates and expands MONA's capabilities.

Data Structures for Sketching Dynamic Sets

Vojtěch Gaďurek

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Advancements in technology over the past decade have resulted in a massive accumulation of genomic data. This has created a demand for algorithms capable of processing large datasets using limited memory. This thesis addresses the problem of computing the symmetric difference between two large sets with low memory usage. The current standard approach uses IBLT (Invertible Bloom Lookup Table), achieving a solution that requires only 1.22 times more memory than the size of the symmetric difference.

We present an experimental improvement of over 140%, reducing the memory requirement to 0.5 for k -mer sets. Our approach leverages the structural properties of genomic data to break 2-cores, which otherwise prevent further recovery of the IBLT sketch.

We introduce the concept of a predictor, which infers possible k -mers based on already recovered elements. We demonstrate that even a weak predictor can reduce the memory bound to 0.78. We also show that one should not expect better ratio than 0.37 for 31-mers.

The thesis also examines the selection of an appropriate hash function family. Our results show that tabulation hashing provides the most robust performance, albeit with some trade-off in speed.

In addition, the thesis includes a high-performance implementation of the algorithms, named Yak, designed for computing the symmetric difference of k -mer sets. We focused on maximizing efficiency using advanced .NET features such as Expression Trees and Struct Delegates. One side result of the thesis is discovering a bug in .NETs.

This work builds upon the author's bachelor thesis, supervised by Mgr. Pa-
vel Veselý, Ph.D. Chapter 3 was added as a result of subsequent research.

Power of Supplementary Information for Unary Regular Languages

Vincent Hlaváč

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Práca pokračuje v skúmaní pojmu užitočnosti informácie započatom na Ka-
tedre informatiky FMFI UK. Berieme problémy formalizované regulárnym jazy-
kom L nad unárnou abecedou a za zložitosť problému považujeme stavovú
zložitosť minimálneho automatu A akceptujúceho jazyk L . Jazyk L_{adv} nám po-
skytuje užitočnú informáciu o probléme L , ak nám umožní nájsť nový problém
 L_{new} taký, že $L_{adv} \cap L_{new} = L$. Od automatov A_{adv} a A_{new} akceptujúcich ja-
zyky L_{adv} a L_{new} požadujeme, aby mali menšiu stavovú zložitosť ako automat
 A . Inými slovami, aby riešenie nového problému aj overenie správnosti doda-
točnej informácie boli jednoduchšie ako pôvodný problém. Na toto sa pozerá-
me ako na rozklad automatu A na automaty A_{adv} a A_{new} . Definujeme reláciu
na jazykoch *poskytovať užitočnú informáciu* nasledovným spôsobom. Jazyky
 L_A a L sú v relácii, teda L_A poskytuje užitočnú informáciu pre L , ak existuje
rozklad minimálneho automatu akceptujúceho jazyk L , ktorý obsahuje nejaký
automat A akceptujúci jazyk L_A . Následne definujeme triedu \mathcal{L}_A ako triedu
všetkých problémov, pre ktoré jazyk L_A poskytuje užitočnú informáciu. Uká-
zali sme, že pre ľubovoľný nekonečný jazyk $L_A \neq a^*$ je táto trieda nekoneč-
ná, teda každý netriviálny jazyk poskytuje užitočnú informáciu pre nekonečne
veľa problémov. Naopak pre konečné jazyky je táto trieda prázdna, teda tri-
viálne jazyky neposkytujú užitočnú informáciu pre žiadny problém. Ďalej sme
sa zaoberali vzťahom medzi triedami \mathcal{L}_A , \mathcal{L}_B a jazykmi $L(A)$, $L(B)$ pre dané
automaty A a B . Ukázali sme, že inklúzia na neprázdnych triedach impliku-
je existenciu rovnakej inklúzie na príslušných jazykoch. Z toho dostávame,
že dané triedy sa rovnajú práve vtedy, keď sa rovnajú aj dané jazyky. Av-
šak opačná implikácia v tomto prípade neplatí. Ďalej sa nám podarilo dokázať
neintuitívny fakt, že relácia *poskytovať užitočnú informáciu* nie je tranzitívna.
V oboch týchto prípadoch sa nám podarilo zostrojiť nekonečnú postupnosť
kontrapríkladov.

Targeted optimization of masked superstrings for k -mer sets

Ján Plachý

UK, Praha, Přírodovědecká fakulta

The increase in genomic data collection over the last decades has created a challenge for efficient data storage and querying. Methods based on k -mers, substrings of a small fixed length, have proven to be particularly useful and outperform standard assembly-based methods in a variety of applications. The novel approach of masked superstrings generalized k -mer-based methods and provided state-of-the-art compression efficiency together with a simple and memory-efficient way to design data structures for k -mers. However, the optimization of masked superstrings, which is NP-hard, has only been done as a two-step process so far, creating room for improvement.

In this work, we model the space complexity of masked superstrings with masks stored in run-length and Elias-Fano encodings. We propose a polynomial-time heuristic algorithm for single-step optimization of masked superstrings, implement the algorithm, and test it on eukaryotic genomes and bacterial pangenomes. We then experimentally prove that our implementation outperforms the best-performing methods used so far, both theoretically and practically, especially for pangenomic datasets.

The work is based on the bachelor thesis submitted by Ján Plachý for the Bioinformatics Study Programme at Charles University.

Usefulness of information for bounded regular languages

Andrej Ravinger

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

This work continues the research of the usefulness of information. Additional information can sometimes simplify a solution to a problem. This can be formalized using formal languages, deterministic finite automata and decomposition of a language. The deterministic decomposition of unary regular languages has already been studied and we continue the research on decomposition of regular languages bounded by a^*b^* (languages that are a subset of a^*b^*). To decompose a regular language L means to find two regular languages L_1 and L_2 such, that $L_1 \cap L_2 = L$ and the minimal deterministic finite automata for L_1 and L_2 have fewer states than the minimal DFA for L . We focused on such decomposition where both decomposing languages are also bounded by a^*b^* . We define a subfamily of languages bounded by a^*b^* which we characterize upon decomposability into languages bounded by a^*b^* . We

also present some other conditions for decomposability for other languages bounded by a^*b^* .

Deciding Primality of Permutation Automata

Alexandra Reviláková

Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Determining whether a deterministic finite automaton (DFA) is composite allows us to keep classical automata problems tractable. A DFA is composite when its language can be expressed as the language intersection of a collection of smaller DFAs. This means that there exists a set of automata, each with fewer states than the original DFA, whose language intersection results in the same language as the original DFA. Conversely, when a DFA cannot be decomposed in this way, it is called prime. This work focuses on primality for permutation DFAs, characterized by transition monoids forming groups. We provide practical techniques for deciding the composition of permutation DFAs efficiently in practice. Building on an existing NP algorithm for permutation DFAs, we introduce two alternative algorithms. The first algorithm improves the state-coverage verification process to optimize acceptance checks, while the second additionally stores explored states, eliminating redundant computations. All three methods - the baseline NP algorithm and our two alternatives - are implemented, and their runtime complexities are empirically evaluated and compared. This study advances decomposition techniques for permutation DFAs and provides insights into optimizing primality-testing algorithms, bridging theoretical foundations with computational efficiency. The Master thesis of the author focuses on the more general topic of Decomposition of Regular Languages. The part on permutation DFAs follows the same approach, but the provided optimizations differ from the ones presented in this paper.

Vplyv viackrokového dotrénovania na úspešnosť a vysvetliteľnosť klasifikácie obrazov z optickej koherenčnej tomografie

Samuel Gibala

Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Kvalitu modelov strojového učenia najčastejšie vyhodnocujeme pomocou metrík úspešnosti. Tieto metriky však poskytujú len čiastočný obraz o skutočnej výkonnosti modelu, najmä pri medicínskych dátach, kde je kľúčová aj

vysvetliteľnosť. V tejto práci predstavujeme metódu viackrokového dotrénovania modelov strojového učenia, ktorá má potenciál nielen zlepšiť úspešnosť, ale aj zvýšiť mieru vysvetliteľnosti na takú úroveň, ktorá je podobná rozhodovaniu špecialistu (oftalmológa). Tento prístup overujeme na úlohe klasifikácie obrazov z optickej koherenčnej tomografie s využitím metódy GradCAM.

Aplikácia hlbokých neurónových sietí pre analýzu kožných lézií

Sabína Ovčiariková, doc. Ing. Erik Kučera, PhD.

*Slovenská technická univerzita, Bratislava, Fakulta elektrotechniky
a informatiky*

Diagnostika kožných lézií pomocou umelej inteligencie predstavuje významný krok k včasnej detekcii závažných ochorení, ako je napríklad melanóm. V tejto práci sa zameriavame na klasifikáciu siedmich typov kožných lézií s využitím hlbokých konvolučných neurónových sietí. Skúmané modely zahŕňajú moderné architektúry ako DenseNet a ResNet, ktoré sa osvedčili pri úlohách počítačového videnia. Pozornosť bola venovaná aj predspracovaniu vstupných obrázkov a riešeniu nevyváženosti datasetu prostredníctvom metód resamplingu, techniky SMOTE a váhovania jednotlivých tried. Experimentálne výsledky ukazujú, že vhodnou kombináciou týchto techník možno výrazne zlepšiť presnosť klasifikácie, čo prispieva k praktickej uplatniteľnosti v medicínskej diagnostike.

Práca predstavuje vlastný prínos autorov vo forme návrhu a porovnania viacerých stratégií spracovania a učenia modelov, ako aj ich systematickej analýzy. Aktuálne výstupy boli prezentované na fakultnom kole ŠVOČ na Fakulte elektrotechniky a informatiky STU. Výsledky predloženej práce autorka ďalej rozvíja v rámci svojej diplomovej práce, kde vytvára vzdelávaciu aplikáciu s grafickým rozhraním a animáciami realizovanými v jazyku Python.

Neural Models for Multilingual Inflection

Tomáš Sourada

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This thesis investigates supervised deep learning models for automatic morphological inflection, the task of modifying a base word (lemma) to express grammatical categories, with a focus on multilinguality and potential deployment in an open-source tool or web service. We use Universal Dependencies (UD) corpora across 73 languages, extracting lemma-tag-form triples along

with their occurrence counts. A novel frequency-weighted, lemma-disjoint train-dev-test re-split is performed to ensure a realistic train-test data distribution. For evaluation, we use the standard token accuracy metric together with type accuracy, which better reflects deployment scenarios by placing greater emphasis on frequent words. To address the absence of an open-source, lightweight, multilingual morphological inflection generator capable of handling unknown words, we experiment with the current state-of-the-art architecture on the inflection task, a small-capacity, encoder-decoder Transformer model trained from scratch. This model performs morphological inflection by taking the lemma character-by-character and the tag as input and producing the inflected form as output. Our multilingual systems, trained jointly on 33 or 73 languages, are lightweight, handle unknown words, and outperform separately trained monolingual models in most languages. This demonstrates not only the practical deployment advantages of multilingual models (eliminating the need to manage dozens of separate models and avoiding the overhead of retraining 73 individual models) but also their superior performance. Additionally, we pioneer frequency-aware training through occurrence-based weighted sampling. All code is released as open-source. This work is a master thesis of the author, submitted in April 2025.

Sekcie

[I3] – Počítačová grafika a počítačové videnie

+

[I4] – Aplikovaná informatika a softvérové inžinierstvo

Porotcovia:

- prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD. (FMFI UK, BA)
- prof. Dr. rer. nat. Martin Drozda (FEI STU, BA)
- Ing. Miroslav Kolář, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)

Hybrid noise reduction

Roman Jančich, Marcel Makovnik

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

We define what noise is in polygon meshes and cover its categories. Noise reduction techniques include smoothing techniques that eliminate noise and optimization methods that reconstruct local geometry. With this in mind, we provide a novel approach that combines both categories. We smoothed the mesh and eliminated high-frequency noise using anisotropic diffusion and then optimized the local geometry and eliminated the remaining low-frequency noise by a modified moving least squares method. Our experimental results were obtained on noisy and half-noisy meshes, and were compared to Laplacian filtering and bilateral filtering. The visual results and the evaluation of the algorithm, measured by the Chamfer distance, suggest that our method reduces noise and improves the overall geometry better than traditional methods, thus providing an effective noise reduction method.

Detecting 3D Line Segments for Pose Estimation

Matej Mok

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

The problem of detecting 2D line segments in RGB images is well-studied, with numerous solutions based on analytical computations or deep learning. In contrast, the detection of 3D line segments has not been paid much attention. In our work, we explore the possibility of extending an existing 2D line segment detection model for use in 3D. Specifically, we selected the LETR

(LinE segment TRansformers) model, which we modified and trained to detect prominent line segments in an existing dataset containing 3D scans of bins. With simple postprocessing the detected 3D line segments can be used to estimate the bin poses. The results show that this method achieves significantly better accuracy than previous state of the art (mean translation error 3.4 cm vs 6.7 cm and mean rotation error 0.164 rad vs 0.431 rad). This suggests that the proposed 3D line segment detector is well-suited for practical applications. In the future, we intend to extend our work for general-purpose 3D line segment detection in RGB images and point cloud data.

Návrh monitorovacej platformy v podmienkach chovu laboratórných zvierat

Zuzana Baluchová

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Táto práca sa zaoberá návrhom a implementáciou modulárneho monitorovacieho systému určeného na analýzu environmentálnych parametrov v prostredí chovu laboratórných zvierat, ktorý umožňuje spoľahlivé sledovanie vybraných parametrov v reálnom čase. Vedecké experimenty realizované na laboratórných zvieratách vyžadujú stabilné a kontrolované podmienky, ktorých narušenie môže ovplyvniť výsledky výskumu alebo viesť k porušeniu legislatívnych požiadaviek kladených na zachovanie optimálnych vitálnych vlastností laboratórných jedincov. Hlavným cieľom práce bolo vytvoriť funkčný návrh (proof-of-concept) systému schopného efektívne zhromažďovať údaje zo senzorov, detegovať prekročenie kritických hodnôt a bezodkladne odoslať informácie do monitorovacej platformy ThingsBoard, ktorá v celom procese slúži ako systém včasného varovania. V systéme boli použité dve výpočtové jednotky – mikrokontrolér STM32, ktorý primárne zabezpečuje zber dát zo senzorov, a modul Omega2S+, ktorý ich ďalej spracúva a komunikuje s platformou ThingsBoard. Vlastný prínos autora spočíva v návrhu celkovej koncepcie systému a implementácii komunikačnej vrstvy, čo zahŕňa výber vhodných komunikačných rozhraní, synchronizáciu času, konzistentné spracovanie správ a redundanciu transferu nameraných dát v prípade nedostupnosti jednotky Omega2S+. Navrhnuté riešenie umožňuje budúce rozšírenie o ďalšie senzory a funkcionality. Výsledný systém je prispôsobený pre nainštalovanie v prostredí Ústavu biologických a ekologických vied UPJŠ, pričom jeho hlavný prínos spočíva najmä v modularite, flexibilita a schopnosti prispôbiť sa špecifickým výskumným požiadavkám. Táto práca nadväzuje na výsledky bakalárskej práce, ktorej hlavným cieľom bolo vhodne zvoliť merané envi-

ronmentálne parametre a implementovať základný zber dát. Tento príspevok systém rozširuje o pokročilú komunikačnú logiku a pripravuje ho na praktické nasadenie. Výsledky tejto práce doteraz neboli prihlásené v rámci súťaže SVOČ ani iných podobných súťaží.

Testing the limits of differential MITM attacks

Peter Grochal, Martin Stanek

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

SLIM and LBCIoT are lightweight block ciphers proposed for IoT applications. We present differential meet-in-the-middle attacks on these ciphers and discuss several implementation variants and possible improvements of these attacks. Our attacks on 25 and 26-round LBCIoT are the best partial key recovery attacks on LBCIoT reported to date. Experimental validation also shows some results that may be of independent interest in the cryptanalysis of other ciphers. Namely, the problems with low-probability differentials, which never occur for significant percentage of keys, and the problems with the questionable accuracy of standard complexity estimates of using filters.

Využití strojového učení pro tvorbu umělé inteligence v turn-based hře

Matyáš Halíř

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Programování umělé inteligence je důležitou a často poměrně dlouhou součástí vývoje her, která se velkým dílem podílí na koncové kvalitě samotné hry. Se vzestupem technologií strojového učení se naskytá otázka, zda tyto technologie nemají své místo i při vývoji her. V této práci se soustředíme na genetické algoritmy a jejich potenciál pro využití oproti pevně zakódované umělé inteligenci pro tahové strategie. Navrhujeme hru, na které se umělá inteligence bude učit a následně pro tuto hru implementujeme genetický algoritmus optimalizující umělé inteligence pomocí matice. Na závěr provedeme analýzu výsledků na dvou různých případech průběhu algoritmu a k těmto výsledkům podáme možné hypotézy a prozkoumáme možné navazující práce. Výsledkem této práce je hra, kde je možné proti takto vygenerovaným umělým inteligencím hrát.

Implementácia šifrovacieho stroja Condenser PBJ

Ján Mikulec

STU, Bratislava, Fakulta informatiky a inf. technológií

Condenser PBJ bolo mechanické šifrovacie zariadenie používané Česko-Slovenskou diplomaciou do roku 1934. Toto zariadenie v súčasnej dobe už neexistuje a doposiaľ neexistovala ani žiadna implementácia softvérového prevedenia operácií, ktoré vykonávalo. Model zariadenia a jeho funkcionality boli zrekonštruované na základe dokumentov z archívov. Condenser PBJ vykonával polyalfabetické substitučné šifrovanie s využitím autokľúča. V rámci diplomovej práce sme vytvorili implementácie, ktoré poskytujú rovnaké funkcionality, ako Condenser PBJ a desktopovú aplikáciu, ktorá umožňuje vykonávať experimenty na referenčnej implementácii. Aplikácia tiež umožňuje testovanie 3 vytvorených verzií softvérového prevedenia PBJ. Poskytuje meranie rýchlosti šifrovania a dešifrovania, sledovanie miery zlyhaní a vykonávanie štatistickej analýzy zašifrovaného a naformátovaného otvoreného textu. Vytvorili sme tiež 4. implementáciu súčasne s komponentom do edukačnej webovej aplikácie HCPortal. Komponent poskytuje interaktívne grafické rozhranie, v ktorom má používateľ možnosť oboznámiť sa so zariadením, nastavovať jeho parametre, vykonávať šifrovanie a dešifrovanie a vyskúšať si Condenser PBJ aj vo forme funkčného 3D modelu s inštrukciami ku obsluhu zariadenia. 3 implementácie boli vytvorené pomocou programovacieho jazyku Java, desktopová aplikácia bola vyvinutá frameworkom Java Swing, 4. implementácia bola naprogramovaná pomocou jazyku TypeScript a komponent do aplikácie HCPortal bol vyvinutý technológiou Angular. Štatistická analýza textu ukázala index koincidencie zašifrovaného textu podobný indexu koincidencie prirodzených jazykov. Implementácie prešli sériou testovaní ich funkčnosti a výstupy ich operácií predstavujú autentické výstupy zariadenia Condenser PBJ za predpokladu. Desktopová aplikácia slúži ako základ na pridávanie nových testov a sledovaných štatistických vlastností textu a komponent v aplikácii HCPortal umožňuje používateľsky prívetivé rozhranie na edukačné účely. Implementácie sú zároveň vôbec prvými svojho druhu a predstavujú tak jediné dostupné programové riešenie tohoto zariadenia. Vytvorili sme niekoľko kryptoanalytických výziev, ktoré budú publikované v aplikácii MysteryTwister. Diplomová práca sa tiež zúčastnila v apríli 2025 fakultného kola ŠVOČ na Fakulte elektrotechniky a informatiky, STU.

Reactive web framework in a pure functional language

Matej Nižník

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Cieľom práce je implementácia reaktívneho webového frameworku v čistom funkcionálnom jazyku, konkrétne v programovacom jazyku Haskell. To zahŕňa návrh efektívneho spôsobu detekcie zmien stavu aplikácie, návrh ergonomického API na vytváranie užívateľských rozhraní a implementáciu ukážkových aplikácií, ktorých cieľom je otestovať a odprezentovať funkcionálnu API. Na začiatku preskúmame aktuálny stav v oblasti reaktívnych frameworkov, existujúce implementácie v iných jazykoch a v Haskellu a užitočné koncepty v teoretickej oblasti funkcionálneho reaktívneho programovania. Následne podrobnejšie popíšeme princípy populárnych modelov pre reaktívne programovanie užívateľských rozhraní a zvolíme vhodný model alebo kombináciu modelov pre naše API. Keďže tvorba webových rozhraní obnáša tvorbu a spúšťanie interaktívnych webových stránok, budeme sa venovať aj kompilácii Haskellu do formy použiteľnej pre web, využívajúc novú funkcionálnu vrámci projektu GHC. Nakoniec popíšeme implementáciu frameworku, navrhne súbor príkladov užívateľského rozhrania implementovaných pomocou tohto frameworku a zhodnotíme finálnu implementáciu v porovnaní s alternatívami.

Analýza genomickej kompozície v diagnostike rakovinových ochorení

Ondrej Škorňák

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

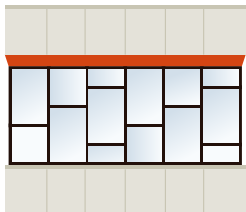
Práca sa zaoberá analýzou genomickej kompozície s cieľom zlepšiť diagnostiku rakovinových ochorení. Skúmali sme rozdiely medzi zdravými a nádorovými vzorkami DNA pomocou bioinformatických metód, ktoré umožňujú vizualizovať a analyzovať špecifické vzory v genetickej informácii. V dátovej množine Prevelynch sme identifikovali významné rozdiely v zastúpení konkrétnych dinukleotidov medzi zdravými a nádorovými vzorkami. Tieto rozdiely sú koncentrované v určitých oblastiach genetickej sekvencie, ktoré vykazujú výraznú odlišnosť a potenciál pre spoľahlivé rozlíšenie zdravých od nádorových vzoriek. Predbežné výsledky naznačujú, že tieto poznatky môžu slúžiť ako základ pre vytvorenie nových diagnostických nástrojov, využívajúcich pokročilé štatistické postupy a algoritmy strojového učenia. Naším cieľom do budúcnosti je vyvinúť jednoduchý a efektívny diagnostický model založený na analýze genomickej informácie.

Hardvérové MITM útoky na komunikáciu po zberniciach

Dennis Vita

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Mnohé dnešné hardvérové zariadenia pozostávajú z viacerých integrovaných obvodov, ktoré sú navzájom prepojené komunikačnými zberniciami. Zaujímavým aspektom je aktívne zasahovanie do takejto komunikácie, napríklad za účelom modifikácie údajov alebo získania kľúčov. V práci sme implementovali hardvérový Man-in-the-middle (MITM) útok pre zbernice UART a SPI pomocou FPGA, čo umožňuje do komunikácie zasahovať v reálnom čase. Návrh oddeľuje zbernicové rozhranie od MITM logiky, čo zjednodušuje prispôsobenie útoku na iné zbernice. Implementácia je modulárna a rozšíriteľná, s opakovane použiteľnými základnými stavebnými prvkami (napr. detektor hrán signálu, buffer, čítač a pod.). V rámci zbernicového rozhrania sú pre UART a SPI zbernice vytvorené špecifické ovládače, ktoré zohľadňujú ich odlišné vlastnosti (asynchrónnosť UART a synchrónnosť SPI). Zároveň poukazujeme na principiálne neabstrahovateľné vlastnosti zbernice ako napríklad master-slave architektúra. Tá prináša obmedzenia, ktoré môžu závisieť od obsahu prenášaných dát. Pri implementácii sme dbali aj na štandardné problémy pri návrhu FPGA obvodov ako napríklad synchronizácia vstupov a odstránenie zákmitov signálu (angl. signal debouncing). Konfigurácia obvodu je prispôsobiteľná cez parametre (napr. frekvencia systémových hodín) a syntéza je automatizovaná skriptom. Práca demonštruje výhody FPGA oproti softvérovým riešeniam, ako je rýchlosť a kontrola spracovania informácie na úrovni logických hradiel, a ponúka rozšíriteľný základ pre ďalšie zbernicové protokoly. Použiteľnosť riešenia na záver demonštrujeme na dvoch konkrétnych príkladoch útokov.



ŠVOČ 2025

Partneri:



Usporiadatelia:



FAKULTA MATEMATIKY,
FYZIKY A INFORMATIKY
Univerzita Komenského
v Bratislave

**Alumni
FMFI**



*Slovak
Mathematical
Society*