



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

Sborník abstraktů

**24. května 2021
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické v Praze**



SVOČ 2021

Soutěž studentů vysokých škol ve vědecké činnosti (SVOČ)
v matematice a informatice

Závěrečné kolo 21. ročníku

Praha, 24. května 2021

Vyhlašovatel

Česká matematická společnost
sekce Jednoty českých matematiků a fyziků

Slovenská matematická spoločnosť
sekcia Jednoty slovenských matematikov a fyzikov

Pořadatel

Katedra matematiky
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické v Praze

Sponzor závěrečného kola soutěže



www.unicorn.com

Obsah

Sekce M1 + M2	7
Barbora Brettschneiderová <i>Miera a integrál v scientometrii</i>	8
Lukáš Heriban <i>Non-self-adjoint relativistic point interactions and their approximations by non-local potentials</i>	8
Klára Karasová <i>Komutující spojité funkce bez společného pevného bodu</i>	8
Romana Kvasničková <i>Efektivní kvantový hamiltonián v tenkých oblastech s nehomogenitou</i>	9
Stanislav Mosný <i>Taylorův Couettův tok s dynamickou okrajovou podmínkou</i>	9
Jakub Takáč <i>Interpolation of logarithmically convex combinations of operators</i>	10
Radan Vincenec <i>Geometrické vlastnosti diskrétních slabých Lebesgueových prostorů</i>	10
Mikuláš Zindulka <i>Alternativní definice Orliczových prostorů posloupností</i>	10
Sekce M3 + M4	12
Matej Benko <i>Estimating of motion models and its parameters to indentify target trajectory</i> . . .	13
Juraj Bodík <i>Detekce kauzality v časových radách pomocí extrémnych hodnôt</i>	13
Martin Černý, Jan Bok <i>1-convex extensions of partially defined cooperative games and the average value</i> .	13
František Hendrych <i>Vztah slabé konvergence měř a konvergence jejich lift zonoidů v Hausdorffově metrice</i>	14
Marek Kohout <i>Stavové modelování vývojových trojúhelníků</i>	14
Daniel Kršek <i>Semilinear stochastic evolution equations</i>	15
Tereza Löfflerová <i>Bayesovské metody s Bayesovými prostory</i>	15
Martina Petráková <i>Separabilita funkce intenzity Poissonova bodového procesu</i>	15
Ľuboš Slávik <i>Time series dynamic factor analysis</i>	16

Pál Somogyi	
<i>O niektorých snahách rozšíriť Mannov-Whitneyho test do dvojrozmerného sveta</i>	16
Jakub Vondráček	
<i>Estimation of the pair correlation function of a point process</i>	17
Sekce M5 + M6	18
Alexandr Beneš	
<i>Counting extensions of imaginary quadratic fields</i>	19
Matěj Doležálek	
<i>Quaternions and universal quadratic forms over number fields</i>	19
Daniela Matisová	
<i>CT-súvislosť grafov a jej zovšeobecnenia</i>	19
Michal Korbela	
<i>Crossing-critical graphs of high vertex degrees</i>	20
Žaneta Semanišinová	
<i>Paramedial quasigroups of prime and prime square order</i>	20
Ester Sgallová	
<i>Periodicity of Jacobi-Perron algorithm</i>	20
Lucien Šíma	
<i>Finitely generated semirings and semifields</i>	21
Diana Švecová	
<i>Problém 3-zafarbitelnosti pre vybrané triedy grafov</i>	21
Sekce M7 + M8	22
Martin Bejdák	
<i>Určovanie tiažového poľa Zeme pomocou metódy fundamentálnych riešení s využitím hierarchických matíc</i>	23
Nikola Gajdošová	
<i>Numerické metódy pre level set úlohy s použitím vzdialenostnej funkcie bez znamienka</i>	23
Phuong Thao Hoang	
<i>Methods for enforcing non-negativity of solution in Krylov regularization</i>	23
Martin Jex	
<i>Optimalizace algoritmu větví a mezí s aplikací na testování fázové stability vícesložkových směsí</i>	24
Lukáš Kapera	
<i>Implementace Shorova r-algoritmu pro nehladkou optimalizaci</i>	24
Jan Kovář	
<i>Matematické modelování proudění tekutin a transportu kontrastní látky v cévách</i>	24
Katarína Lacková	
<i>Numerické metódy pre niektoré level set rovnice s krivostným členom</i>	25
Josef Martínek	
<i>Parameter optimization in COVID-19 epidemiological models</i>	25

Lukáš Šatura	
<i>Thermodynamically Consistent Modelling of Phase Separation Process</i>	26
Markéta Tkadlecová	
<i>Analýza kvality obrazu užitím Fourierovy transformace</i>	26
Sekce I1 + I2	27
Alex Babiš	
<i>Predikcia nepozorovaných hrán v znamienkovej váženej sieti</i>	28
Marek Bielik	
<i>Algebraic Cryptanalysis of Small Scale Variants of the AES</i>	28
Ján Chudý	
<i>Simulation of Centralized Algorithms for Multi-Agent Path Finding on Real Robots</i>	28
Kristýna Janovská	
<i>Agentní modelování pro evakuaci</i>	29
Tomáš Kekeňák	
<i>Minimalizácia neurónových sietí pre problém počítačového videnia v reálnom čase</i>	29
Martin Kovanda	
<i>Deep Learning Methods for Acoustic Emission Evaluation</i>	30
Jiří Mayer	
<i>Optical Music Recognition using Deep Neural Networks</i>	30
Martin Rameš	
<i>Compilation of Multi-Agent Collective Construction in the Minecraft Game</i>	30
Radoslav Sabol	
<i>Czech Question Answer Selection using Recurrent Neural Networks</i>	30
Petr Sedláček	
<i>Limitations of incompressible encodings</i>	31
Pavla Veselá	
<i>Parallel and online arithmetics in imaginary quadratic fields</i>	31
Sekce I3 + I4	33
Eduard Bučko	
<i>Classification of Rat Strains Using Machine Learning</i>	34
Jakub Džama	
<i>Smartphone-based Indoor Navigation Application</i>	34
Lukáš Gajdošech	
<i>Processing of Structured 3D Scans with Deep Learning</i>	34
Lukáš Klein	
<i>Rozšíření přístupového systému o nové vlastnosti</i>	35
Samuel Molčan	
<i>Modely na monitorovanie chronického ochorenia</i>	35

Martin Štefanec	
<i>Návrh funkcie homogenity pre model automatickej segmentácie biotopov Natura 2000 zo satelitných dát</i>	35
Adam Trizna	
<i>Automatic Checking of Modelling Exercises</i>	36

Sekce M1 + M2

Matematická analýza – teorie funkcí a prostory funkcí

Matematická analýza – teorie diferenciálních a integrálních rovnic

Porota

doc. RNDr. Tomáš Bárta, Ph.D. (MFF UK, Praha)

doc. RNDr. Jan Vybíral, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)

Mgr. Jozef Kiseľák, PhD. (PF UPJŠ, Košice)

Miera a integrál v scientometrii

Barbora Brettschneiderová

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Hirschov index, ako populárny scientometrický údaj, bol zavedený na evaluáciu vedeckých výstupov prominentných fyzikov. Od svojho zavedenia v roku 2005 začal byť postupne dominantný na poli scientometrie až do dnešných čias, keď sa aplikuje v takmer všetkých akademických oblastiach. Relatívne rýchlo si matematici uvedomili, že Hirschov index je špeciálny prípad Sugenovho integrálu vzhľadom na počítaciu mieru. Tento pohľad nám umožňuje využívať techniky neaditívnych mier a integrálov v snahe kompenzovať niektoré nedostatky Hirschovho indexu. V práci sa zaoberáme niekoľkými zovšeobecneniami Hirschovho indexu prostredníctvom adaptívneho kognitívneho integrálu a jeho modifikácie po vzore vlastnosti Hirschovho indexu a jeho reprezentácie pomocou Sugenovho integrálu. Ukážeme súvis týchto indexov s existujúcimi indexami z literatúry. Druhá časť práce popisuje myšlienku rozšírenia Hirschovho indexu prostredníctvom zovšeobecnených level mier, ktoré súvisia s aktuálnym výskumom podmieneného agregovania.

Non-self-adjoint relativistic point interactions and their approximations by non-local potentials

Lukáš Heriban

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

This work is based on the research project of the first year of Master's degree in the academic year 2020/2021. This thesis deals with the Dirac operator with non-local potential given by the projection on a fixed scaled function from $L^2(\mathbb{R}) \cap L^1(\mathbb{R})$ multiply by complex matrix \mathbb{A} . Norm-resolvent limit of this not necessary self-adjoint operator with non-local potential is discussed in this thesis. Furthermore, the formal expression for the norm resolvent limit is compared to the formal limit of the Dirac operator with non-local potential. This formal limit correspond to the norm-resolvent limit. In other words, renormalization of the coupling constant does not occur. This property will lead to generalization of the definition of the Dirac operator with relativistic point interaction. Moreover, the spectrum of this newly defined operator is discussed in this thesis.

Komutující spojité funkce bez společného pevného bodu

Klára Karasová

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Tématem práce jsou společné pevné body komutujících funkcí. Pomocí Mountain climbing theorem dokážeme větu o rozšiřování komutujících funkcí, která nám umožní zkonstruovat komutující funkce intervalu $[0, 1]$ na sebe, které nemají společný pevný bod. Dále jsou dokázány různé verze věty o rozšiřování komutujících funkcí pomocí různých verzí Mountain climbing theorem. Také dokážeme, že je-li X dendroid, S abelovská semigrupa monotónních zobrazení na X a $f : X \rightarrow X$ komutuje se všemi prvky S , pak f a S mají společný pevný bod.

Většina výsledků pochází z literatury, nicméně některé výsledky jsou vlastní. Vlastní přínos u části pocházející z literatury spočívá v doplnění důkazů, a dále ve vytvoření celkového rámce obsahujícího i motivační tvrzení a příklady. Vlastní je část druhé kapitoly, která je založena na článku Huneke, *Extending commuting functions*, 1970. Do detailů je vypracován důkaz hlavní věty článku (Věta 13 této práce), který je v původním článku veden velmi vágně, spíše jen naznačen, a obsahuje nepřesnosti. Zcela nepůvodní je pak diskuze ke dvěma důsledkům z tohoto článku. První z nich je v původním článku zformulován nejasně, proto uvádíme více verzí, které navíc původní tvrzení zesilují. Druhý důsledek naopak neplatí, což je dokázáno protipříkladem, a dále je dokázáno slabší tvrzení.

Základem této práce je stejnojmenná bakalářská práce autorky. Práce byla pak ještě upravena na základě připomínek oponenta, a dále doplněna o několik dalších tvrzení.

Efektivní kvantový hamiltonián v tenkých oblastech s nehomogenitou

Romana Kvasničková

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Cílem práce je odvození efektivního modelu pro laplacián s nehomogenní metrikou v tenkých oblastech s neumannovskými hraničními podmínkami. Nejprve rigorózně zavedeme Neumannův Laplaceův operátor s nehomogenní poruchou jako samosdružený operátor na Hilbertově prostoru pomocí přidružené kvadratické formy. Dále zkoumáme konvergenci tohoto operátoru k efektivnímu modelu, a to ve spektrálním, jakož i v silném, a dokonce i norm-rezolventním smyslu. Nakonec si odvodíme rychlost této konvergence a vše ilustrujeme konkrétním příkladem.

Taylorův Couettův tok s dynamickou okrajovou podmínkou

Stanislav Mosný

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Cílem práce bylo najít ve speciálním tvaru řešení problému proudění nestlačitelné kapaliny mezi dvěma koncentrickými válci, které vzniká otáčením vnějšího válce. Jako okrajové podmínky jsme uvažovali homogenní Dirichletovu okrajovou podmínku na vnitřním válci a dynamickou okrajovou na vnějším válci. V práci nejprve převedeme původní problém do polárních souřadnic a následně hledáme řešení ve tvaru Fourierovy řady. Při tomto postupu odvodíme diferenciální rovnici a okrajové podmínky, které popisují bázi, vzhledem ke které vyjádříme řešení. Existence a jednoznačnost tohoto systému vede ke zobecněné Sturmově Liouvilleově teorii, kterou dokážeme v závěru práce. Není nám známo, že by někdo před námi takovouto verzí Sturmovy Liouvilleovy teorie formuloval a věříme, že bude v budoucnu užitečná při studiu podobných problémů.

Interpolation of logarithmically convex combinations of operators

Jakub Takáč

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Given a pair of operators S_1 and S_2 acting on some function spaces and taking values in different ones, and an exponent $\theta \in (1, \infty)$, one may consider the operator

$$Tf(s) = |S_1f(s)|^{\frac{1}{\theta}} |S_2f(s)|^{\frac{1}{\theta'}},$$

where $\frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta'} = 1$. We call such a T a logarithmically convex combination of operators. We study behaviour of these operators on spaces of measurable functions, mainly on so called Banach function spaces. Of particular interest is boundedness between pairs of spaces, which we obtain by means of a completely new theory of interpolation. The techniques we develop take as input endpoint estimates on S_1 and S_2 and the parameter θ and provide various target spaces Y for a fixed space X such that $T: X \rightarrow Y$ is bounded. While the combination T usually does not have nice enough structure to be interpolated by classical techniques, we assume that at least the operators S_1 and S_2 have some additional structure (e.g. quasi-linearity), which allows for them to be interpolated separately. We present abstract results on fairly well known spaces, e.g. Lorentz and Orlicz spaces. Mainly, we show that very often (but not always) it is the case that T may be interpolated as if it was a (quasi-)linear operator.

To the best of our knowledge, this is the first ever general treatment of logarithmically convex combinations of operators. While particular examples of these operators appear in literature before, the techniques to deal with them are usually either missing entirely or rely on the fact that the underlying operators S_1 and S_2 are given by some specific formulae. Therefore our contribution consists of developing an entire new theory of interpolation for such operators, presenting the results on examples of well known spaces and putting into perspective several interesting open questions which remain unanswered. This work is an early version of the author's master's thesis.

Geometrické vlastnosti diskrétních slabých Lebesgueových prostorů

Radan Vincenec

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Recently it turned out that, in the study of multilinear Fourier multipliers, a result on fine geometric properties of a certain discrete weak Lebesgue space might come handy. In this work we obtain a wider range of results of this type.

Alternativní definice Orliczových prostorů posloupností

Mikuláš Zindulka

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Představíme Banachovy prostory posloupností X_N , jejichž norma je definována jistým iterativním procesem. Dokážeme, že každý takový prostor je izomorfní Orliczovu prostoru posloupností. Zprvč tím získáváme jejich charakterizaci a zadruhé nový pohled na důležitou

třidu Banachových prostorů. Konstrukce vychází z normy N ve dvou dimenzích. Zabýváme se vlastnostmi báze X_N , především tím, kdy je tzv. boundedly-complete a kdy jsou dvě báze ekvivalentní. V obou případech tak nalézáme novou charakterizaci těchto vlastností v Orliczových prostorech pomocí normy N . Téma je součástí připravované diplomové práce autora.

Sekce M3 + M4

Teorie pravděpodobnosti a matematická statistika

Ekonometrie a finanční matematika

Porota

doc. RNDr. Martin Branda, Ph.D. (MFF UK, Praha)

Ing. Jiří Franc, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)

doc. Mgr. Pavol Bokes, PhD. (FMFI UK, Bratislava)

Estimating of motion models and its parameters to identify target trajectory

Matej Benko

VUTB, Brno, Fakulta strojního inenrstv

This text deals with removing noise from inaccurate multilateration measurements. In order to do this, it is used Bayesian estimation theory to find the posterior density of the real position (or, moreover, velocity) of an airplane. Together with true position, we estimate on Bayesian principle the geometry of a maneuver that an airplane obeys and so-called process noise, which describes how much an airplane's trajectory differs from the geometry. The estimation of the process noise is the essential part of the work since it is the original asset of the author. The uncertainty in multilateration measurements is out of an order larger than uncertainty in process noise, which complicates noise estimation. This is the problem that is not discussed in the literature. Also, all results and simulations in the text are original. The author would like to defend his master's thesis on this topic.

Detekce kauzality v časovch radch pomocou extrémnych hodnt

Juraj Bodík

UK, Praha, Matematicko-fyzikln fakulta

We deal with the following problem: Let us have two stationary time series with heavy-tailed marginal distributions. We want to detect whether they have a causal relation, i.e. if a change in one of them causes a change in the other. The question of distinguishing between causality and correlation is essential in many different science fields. Usual methods for causality detection are not well suited if the causal mechanisms only manifest themselves in extremes. In this work, we propose a new method that can help us in such a nontraditional case distinguish between correlation and causality. We define the so-called causal tail coefficient for time series, which, under some assumptions, correctly detects the asymmetrical causal relations between different time series. We will rigorously prove this claim, and we also propose a method on how to statistically estimate the causal tail coefficient from a finite number of data. The advantage is that this method works even if non-linear relations and common ancestors are present.

1-convex extensions of partially defined cooperative games and the average value

Martin Āern, Jan Bok

UK, Praha, Matematicko-fyzikln fakulta

Partially defined cooperative games are a generalisation of classical cooperative games in which the worth of some of the coalitions is not known. Therefore, they are one of the possible approaches to uncertainty in cooperative game theory. The main focus of this paper is the class of 1-convex cooperative games under this framework.

For incomplete cooperative games with minimal information, we present a compact

description of the set of 1-convex extensions employing its extreme games and its extreme rays. Then we investigate generalisations of three solution concepts for complete games, namely the τ -value, the Shapley value and the nucleolus. We consider two variants where we compute the centre of gravity of either extreme games or of a combination of extreme games and extreme rays. We show that all of the generalised values coincide for games with minimal information and we call the solution concept the average value ζ . Further, we provide three different axiomatisations of the average value and outline a method to generalise several of the axiomatisations of the τ -value and the Shapley value into an axiomatisation of the average value.

We also briefly mention a similar derivation for incomplete games with defined upper vector and indicate several open questions.

The results are part of the master thesis of the main author. Most of the results were introduced by the main author and after consultation with the supervisor further improved and extended.

Vztah slabé konvergence měr a konvergence jejich lift zonoidů v Hausdorffově metrice

František Hendrych

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Konečný Minkowského součet úseček se nazývá zonotop a limita posloupnosti zonotopů v Hausdorffově metrice se nazývá zonoid. Jde o symetrické konvexní kompaktní množiny. Pro integrovatelnou borelovskou míru je lift zonoid této míry speciálně volený zonoid, který ji mimo jiné plně charakterizuje. Zonoidy nacházejí široké uplatnění ve funkcionální analýze, geometrii nebo teorii míry. Lift zonoidy se uplatňují kromě toho třeba v mnohorozměrné statistice, ekonometrii a financích. Detailní popis zonoidů a lift zonoidů je obsažen v mé bakalářské práci. Soutěžní práce, která se zabývá zejména jedním konkrétním problémem z teorie lift zonoidů, na bakalářské práci sice staví, ale výsledky z ní se v bakalářské práci vůbec nevyskytují. Konkrétně řeší vztah slabé konvergence měr a konvergence lift zonoidů těchto měr v Hausdorffově metrice. Oproti literatuře přináší zejména nový důkaz, který umožňuje oslabit původní předpoklady. Navíc v jedné části v literatuře není argumentace úplně korektní. V této práci přinášíme obecnější pohled na tuto část, který je úplně odlišný od přístupu v literatuře. Díky tomu navíc získáváme v řeči lift zonoidů charakterizaci stejnoměrné integrovatelnosti měr a postačující podmínku pro těsnost měr.

Stavové modelování vývojových trojúhelníků

Marek Kohout

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Hlavním cílem práce je popsat techniku doplnění vývojových trojúhelníků neživotního pojištění (výpočet IBNR rezervy) založenou na stavových modelech a následně ji aplikovat na reálné vývojové trojúhelníky. Na rozdíl od (Atherino a kol., 2010) je v praktické části použita pro modelování knihovna KFAS ve statistickém softwaru R. Práce také poskytuje přehled možných úprav vstupních dat nebo použitých modelů a následně porovnává dosažené výsledky pomocí těchto kroků na stejných vývojových trojúhelnících (např. lo-

garitmická transformace dat nebo intervence pro odlehlá pozorování). Speciální pozornost je věnována logaritmicko-normální modifikaci základního stavového modelu. Nedílnou součástí numerické studie je také reziduální diagnostika použitých modelů a simulační přístup k IBNR rezervám.

Semilinear stochastic evolution equations

Daniel Kršek

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Stochastic partial differential equations have proven useful in many applied areas of mathematics, such as physics or mathematical finance. A major part of such equations consists of linear equations with additive noise. In certain cases, however, the drift part of the differential equation additionally contains a possibly problematic non-linear term, which makes it unsolvable by the standard methods and even a solution in the mild sense may be out of reach. In such situations, we may still find a solution in the weak sense by employing a suitable transformation of the probability space. This work deals with semilinear stochastic evolution equations in a separable Hilbert space, where the driving process is an element of a large class of processes - so called Volterra processes, which can be understood as a generalisation of the Wiener process and may be of use to model a wide range of phenomena. The weak solutions, however, have been studied so far only for equations with the cylindrical fractional Brownian motion as the driving process. In the work, we introduce a generalisation of the Girsanov theorem for cylindrical Gaussian Volterra processes and give, in full generality, sufficient conditions for the existence and uniqueness of a weak solution. Further, we introduce reasonable conditions under which a solution to an equation with the cylindrical Liouville fractional Brownian motion can be obtained and conditions under which the solution is unique in distribution. The presented work is a part of the author's master thesis and has not been presented in any competition so far.

Bayesovské metody s Bayesovými prostory

Tereza Löfflerová

UPOL, Olomouc, Přírodovědecká fakulta

Bayesova věta je základem pro inferenci v bayesovské statistice. Může-me se však na ni podívat i jako na operaci posunutí při práci s daty relativního charakteru, například s hustotami rozdělení pravděpodobností. S hustotami ovšem musíme pracovat v prostoru, který je pro ně vhodný a po provedených operacích zachovává jejich specifické vlastnosti, což je zejména invariance vzhledem k měřítku. Jako vhodnými prostory pro práci s hustotami se ukázaly být Bayesovy prostory, kde lze operaci sčítání, tzv. perturbaci, interpretovat právě v kontextu Bayesovy věty. Cílem této soutěžní (a původně diplomové) práce je demonstrovat možnosti reprezentace Bayesovy věty v Bayesových prostorech včetně příkladů pro data pocházející z konkrétního rozdělení pravděpodobností, zejména potom při práci s exponenciální rodinou rozdělení. Vlastním přínosem v této práci jsou příklady, které jsem zde uvedla a spočítala, především ty týkající se vyjádření hustot z exponenciální rodiny rozdělení ve tvaru afinního podprostoru a závěrečné příklady na reprezentaci Bayesovy věty v Bayesových prostorech.

Separabilita funkce intenzity Poissonova bodového procesu

Martina Petráková

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Bodový proces je základní nástroj pro modelování náhodné množiny bodů v rovině či prostoru. V této práci se zabýváme Poissonovým bodovým procesem a jednou z jeho základních charakteristik - funkcí intenzity. Poissonův bodový proces je základním modelem, pokud chceme předpokládat, že mezi body bodového procesu nejsou žádné interakce. Funkce intenzity popisuje očekávaný počet bodů v dané pozorované oblasti a pokud má Poissonův proces funkci intenzity, pak je již jeho rozdělení jejím tvarem jednoznačně určeno.

V této práci se zabýváme otázkou, jak z jedné pozorované realizace bodového procesu poznat, že je jeho funkce intenzity v daném (součinném) tvaru. Vlastním přínosem je pak sestavení formálního testu této hypotézy pro model s exponenciální funkcí intenzity závislé na konečně mnoha parametrech a provedení simulační studie, kde zkoumáme vlastnosti tohoto (asymptotického) testu - dodržování zvolené hladiny a sílu proti různým alternativám.

Jedná se o zredukovanou verzi bakalářské práce.

Time series dynamic factor analysis

Ľuboš Slávik

VUTB, Brno, Fakulta strojního inženýrství

This work studies a novel approach to time series clustering based on a dynamic factor model. Dynamic factor model is a dimension reduction technique enhancing classical factor analysis by a requirement of an autocorrelation structure of the latent factors. Parameters of the model are estimated via EM algorithm employing Kalman filtering and smoothing and necessary restrictions are placed on the model, so the model becomes identifiable.

After describing the theoretical concept of the approach, the dynamic factor model is applied to the real observed time series and the work discusses its behaviour and properties on one-month meteorological data of fire weather index at 108 fire stations located in British Columbia. The procedure of the model estimates a loadings matrix of the model with a corresponding small number of latent factors and a variance-covariance matrix of the modeled time series. The thesis applies k-means clustering to the resulted loadings matrix and provides a division of the stations into clusters based on the reduced dimensionality of the original data.

With the estimated cluster means and the latent factors, it is possible to obtain particular mean trends for each cluster. Then, the achieved clusters are compared with the results obtained for the same set of stations but within a different month to assess the stability of the clustering. The work discusses the effect of varimax rotation on the loadings matrix as well. Moreover, the thesis suggests a method for detecting possible time series outliers based on the estimated variance-covariance matrix of the model and discusses the effect of outliers on the estimated model.

This work is a part of the author's Master's thesis. The conjunction of a dynamic factor model with k-means clustering is a unique approach. No part of this work has been presented at SVOČ or any other event.

O niektorých snahách rozšíriť Mannov-Whitneyho test do dvojrozmerného sveta

Pál Somogyi

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Predstavujeme nové a upravené neparametrické testy polohy dvoch dvojrozmerných súborov. Presnejšie, testujeme prítomnosť posunu v distribučných funkciách rozdelení, z ktorých pochádzajú naše súbory. Východiskom pre tvorbu týchto upravených testov boli články [Sen a Mathur, 2000] a [Mathur, 2009]. Testy v týchto článkoch sú založené na myšlienke Mannovho-Whitneyho testu pre jednorozmerný dvojsúborový prípad, pričom sa dvojrozmerné dáta charakterizujú pomocou sklonov dátových polpriamok z počiatku súradnicovej sústavy do jednotlivých dát, resp. cez vzdialenosti dátových bodov od počiatku súradnicovej sústavy. Kvôli vyššej citlivosti na porušenie nulovej hypotézy, navrhujeme skombinovať tieto dva testy do jedného, kde pri výpočte testovej štatistiky zohľadníme aj sklony, aj vzdialenosti. Naša testová štatistika má za istých predpokladov asymptoticky χ_2^2 -rozdelenie. V snahe zvýšiť sily jednotlivých testov z článkov [Sen a Mathur, 2000] a [Mathur, 2009] sme heuristicky skúmali možnosť začínať vyššie spomenuté dátové polpriamky vo vhodnejšom bode než autor-mi navrhovaný počiatok súradnicovej sústavy. Ukazujeme, že takto vylepšené testy sa v istom zmysle asymptoticky zhodujú a navyše splynú s už známym testom z [Wilcox, 2004], ktorý je namiesto sklonov resp. vzdialeností založený na špeciálnych kolmých priemetoch dát do jednorozmeru.

Estimation of the pair correlation function of a point process

Jakub Vondráček

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

The theory of point processes is a branch of stochastic geometry and spatial statistics focused on modelling random configurations of points. This work deals with estimation of the pair correlation function, which in a certain sense quantifies the interactions between points. In particular, this work focuses on kernel estimation of the pair correlation function and the correct choice of a parameter called bandwidth. We give a brief overview of the theory of point processes and provide formulas for the bias and variance of a kernel estimator for several point process models which depend on bandwidth. We also provide an extension of a simple Poisson approximation of variance to the case of a kernel estimator with more complicated edge correction compared to what is usually used in the literature. The recommendations for selecting the bandwidth that can be found in the literature are summarised and simulation experiments are performed to assess the correctness of the derived formulas. Lastly, bandwidth selection and the advantages and disadvantages of several approaches for bandwidth selection are discussed.

The main contribution of this work lies in the formulas provided for the bias and variance of kernel estimators, the novel extension of Poisson approximation to a more complicated kernel estimator and simulation experiments which have shown that a variance approximation obtained by ignoring so called “higher order correlations” is unjustified. This work is a part of the author’s bachelor thesis.

Sekce M5 + M6

Matematické struktury – algebra, topologie a geometrie

Matematické struktury – teorie grafů a kombinatorika

Porota

prof. RNDr. Daniel Král, Ph.D., DSc. (FI MU, Brno)

Mgr. Jan Volec, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)

doc. RNDr. Miroslav Ploščica, CSc. (PF UPJŠ, Košice)

Counting extensions of imaginary quadratic fields

Alexandr Beneš

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Tato práce je úspěšně obhájenou bakalářskou prací autora z roku 2020. V soutěži SVOČ ani jiných soutěžích tato práce uplatněna nebyla. Cíl této práce je zjistit asymptotické chování počtu kvadratických rozšíření číselného tělesa podle diskriminantu. Zejména nás budou zajímat rozšíření imaginárních kvadratických těles s lichým třídovým číslem. Pro dané číselné těleso K definujeme grupu idel I_K a třídovou grupu idel C_K , která zachycuje lokální chování číselného tělesa. Potom použijeme Artinovu reciprocitu, která dává korespondenci mezi kvadratickými rozšířeními K a kvadratickými charaktery na C_K . Když je třídové číslo liché, kvadratické charaktery na C_K se redukují na charaktery na součinu grup invertibilních prvků lokálních těles. Tyto charaktery lze explicitně napsat a můžeme spočítat diskriminant korespondujícího rozšíření z jejich lokálních konduktorů. Tyto informace dáme dohromady ve formě zeta funkce a nakonec použijeme Tauberovskou větu pro zjištění asymptotického chování.

Quaternions and universal quadratic forms over number fields

Matěj Doležálek

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

We study quadratic forms over totally real number fields by using an associated ring of quaternions. We examine some properties of residue class rings of these quaternions and use geometry of numbers to prove that certain ideals of the ring of quaternions contain elements of a small norm. We prove that $x^2 + y^2 + z^2 + w^2 + xy + xz + xw$ is universal over $\mathbb{Q}(\zeta_7 + \zeta_7^{-1})$ and that $x^2 + xy + y^2 + z^2 + zw + w^2$ represents all totally positive multiples of certain special elements.

CT-súvislosť grafov a jej zovšeobecnenia

Daniela Matisová

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Nech G je 4-regulárny graf s predpísaným rotačným systémom (t. j. cyklickými poradiami v pevnej orientácii hrán okolo vrcholov v diagrame) a nech e_1, e_2, e_3, e_4 sú hrany incidentné s vrcholom v v tomto poradí podľa daného rotačného systému. Dvojice hrán e_1, e_3 a e_2, e_4 nazývame *CT-susedné* v G . *CT-cestou* (*CT-ťahom*) nazývame takú cestu (resp. ťah), v ktorej sú každé dve za sebou idúce hrany *CT-susedné*. 4-regulárny graf s daným rotačným systémom sa nazýva *CT-súvislý*, ak medzi ľubovoľnými dvoma jeho vrcholmi existuje *CT-cesta*.

V tejto práci ukážeme, že v n -vrcholovom jednoduchom rovinnom 4-regulárnom grafe má najdlhšia *CT-cesta* najviac ak $n - 2$ vrcholov a uvedieme konštrukcie grafov s *CT-cestami* s takýmto počtom vrcholov pre všetky $n \geq 8$. Ďalej ukážeme, že existuje nekonečná množina jednoduchých rovinných 4-regulárnych n -vrcholových grafov, kde najdlhšia *CT-cesta* má len 8 vrcholov. V prípade, že najdlhšia *CT-cesta* má menej ako 8 vrcholov sme vyslovili domnienku (podporenú počítačovými simuláciami), že príslušných 4-regulárnych rovinných

grafov je len konečne veľa; jej platnosť sme potvrdili pre najdlhšie 4 a 5-vrcholové *CT*-cesty.

V práci tiež skúmame jednoduché 4-regulárne grafy tvorené jediným *CT*-ťahom (ďalej nazývané uzly) a ich *CT*-súvislosť. S podporou počítača sme dokázali, že najmenší uzol, ktorý nie je *CT*-súvislý, má 14 vrcholov, a na jeho základe skonštruovali nekonečnú triedu uzlov, ktoré nie sú *CT*-súvislé.

Koncept *CT*-cesty resp. *CT*-ťahu je možné rozšíriť aj pre neregulárne grafy s predpísaným rotačným systémom, ktoré majú minimálny stupeň aspoň štyri (zahrnutím podmienky, že dve zovšeobecnene-*CT*-susedné hrany nesmú byť súsledné v lokálnej rotácii hrán okolo ich spoločného vrchola); na rozdiel od štandardnej *CT*-susednosti, kde sa existencia *CT*-cesty medzi dvoma vrcholmi overí ľahko, nájsť zovšeobecnenu *CT*-cestu medzi dvojicou konkrétnych vrcholov už ľahké nie je. V systéme počítačovej algebry Maple sme implementovali procedúry pre testy zovšeobecnenej *CT*-súvislosti, ktoré sme použili pre nájdenie neregulárneho rovinného grafu, ktorý nie je zovšeobecnene-*CT*-súvislý, ako aj pre testy malých 5-regulárnych rovinných grafov.

Crossing-critical graphs of high vertex degrees

Michal Korbela

MU, Brno, Fakulta informatiky

The recent result of Bokal et al. finally gave an answer to the question of maximum vertex degrees in c -crossing-critical graphs. For each $c \leq 12$, there exists a constant D_c such that every c -crossing-critical graph has a vertex degrees at most D_c and for each $c \geq 13$, they provided an inductive construction of c -crossing critical graphs with arbitrarily high vertex degrees. While the inductive part of the construction is rather easy, it all relies on the fact that a certain 17-vertex base graph has the crossing number 13, for which they provided only a machine-readable computer proof. We now provide a relatively short self-contained handwritten proof.

Paramedial quasigroups of prime and prime square order

Žaneta Semanišínová

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

The thesis deals with an enumeration of paramedial quasigroups. We prove that, for every odd prime number p , there are $2p - 1$ paramedial quasigroups of order p and $6p^2 - p - 1$ paramedial quasigroups of order p^2 , up to isomorphism. We present a complete list of those which are simple. The corresponding calculations include the enumeration of paramedial quasigroups affine over the group \mathbb{Z}_p , \mathbb{Z}_{p^2} and \mathbb{Z}_p^2 , using an algorithm by Drápal. The case of the group \mathbb{Z}_p^2 involves an analysis of square roots and conjugacy classes in the group $GL(2, p)$ and its subgroups.

The enumeration of paramedial quasigroups of prime and prime square order is an original result of the author. The text of the thesis is from research paper Paramedial quasigroups of prime and prime square order, which is currently under review in a scientific journal. The paper is based on author's bachelor thesis from 2019. The text has not been submitted to SVOČ or similar competition before.

Periodicity of Jacobi-Perron algorithm

Ester Sgallová

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This thesis aims to study a connection between indecomposable elements in the cubic fields and the Jacobi-Perron algorithm (JPA). JPA is a multidimensional generalization of the usual continued fractions algorithm. We work in the family of Ennola's cubic fields and we examine how the indecomposable elements are related to elements originating from this algorithm, whether some of these elements generate all indecomposable elements in the fields. We formulate conjectures on how to determine which elements will generate the indecomposable elements. We also prove some necessary conditions that have to hold for elements originating from this algorithm to generate indecomposable elements. The results presented in this submission will be used as author's master's thesis. The results were not used in any other SVOČ competition.

Finitely generated semirings and semifields

Lucien Šíma

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

We investigate commutative semirings, which are formed by a ground set equipped with two binary associative and commutative operations such that one distributes over the other. We narrow down our interest to ideal-simple semirings, that is, semirings without proper ideals. We present the classification of ideal-simple semirings and deal with some classes of ideal-simple semirings, namely semifields and parasemifields. The main result of this thesis is giving tight bounds on the minimal number of generators needed to generate a parasemifield as a semiring. We also give a detailed description of how the semifields that are finitely generated as a semiring look like. This paper forms the main part of the author's master thesis.

Problém 3-zafarbitelnosti pre vybrané triedy grafov

Diana Švecová

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Problém 3-zafarbitelnosti patrí do triedy NP-úplných problémov, a to aj pre triedu grafov neobsahujúcich $K_{1,3}$ ako indukovaný podgraf. Lozin a Purcell ukázali, že problém 3-zafarbitelnosti v triede grafov neobsahujúcich $K_{1,3}$ a H ako indukované podgrafy je riešiteľný v polynomiálnom čase len ak graf H obsahuje najviac dva trojuholníky v každom z jeho komponentov. V prípade dvoch trojuholníkov uvádzajú nasledujúce výsledky: problém 3-zafarbitelnosti je riešiteľný v polynomiálnom čase pre triedu grafov neobsahujúcich $K_{1,3}$, Φ_1 , resp. $K_{1,3}$, Φ_3 ako indukované podgrafy. Maceková a Maffray dokázali, že je riešiteľný v polynomiálnom čase aj v triedach grafov neobsahujúcich $K_{1,3}$, Φ_2 , resp. $K_{1,3}$, Φ_4 ako indukované podgrafy.

V tejto práci ukážeme, že problém 3-zafarbitelnosti je riešiteľný v polynomiálnom čase pre triedu grafov neobsahujúcich $K_{1,3}$ a Φ_5 ako indukované podgrafy.

Sekce M7 + M8

Aplikovaná matematika – numerická analýza

Aplikovaná matematika – matematické modely dynamiky

Porota

prof. RNDr. Jan Franců, CSc. (FSI VUTB, Brno)

Ing. Tomáš Oberhuber, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)

prof. RNDr. Daniel Ševčovič, DrSc. (FMFI UK, Bratislava)

Určovanie tiažového poľa Zeme pomocou metódy fundamentálnych riešení s využitím hierarchických matíc

Martin Bejdák

STU, Bratislava, Stavebná fakulta

Práca sa venuje určovaniu tiažového poľa Zeme, ktoré spočíva v riešení geodetických okrajových úloh. Tie sa zvyčajne formulujú Laplaceovou rovnicou pre tzv. poruchový potenciál. Geodetickú okrajovú úlohu riešime pomocou metódy fundamentálnych riešení (MFS). Princíp MFS spočíva v aproximácii poruchového potenciálu pomocou lineárnej kombinácie fundamentálneho riešenia v kolokačných bodoch. Výsledkom bude lineárny systém, pozostávajúci z plnej nesymetrickej matice. To vedie k enormne vysokým pamäťovým nárokom pre úlohy s vyšším počtom bodov. Nevyhnutnú redukciu pamäťových nárokov vykonáme prostredníctvom implementácie hierarchických matíc, konkrétne pomocou ACA algoritmu. ACA algoritmus je viacúrovňová schéma LU rozkladu matice, ktorá využíva nízku hodnotu submatíc prislúchajúcich rôznym dvojiciam vzdialených skupín bodov. Algoritmus vykonáva sériu rozkladov, ktorej výsledkom je aproximácia pôvodných submatíc pomocou súčiny dvoch riedkych matíc s nízkymi hodnotami. Tento proces vedie k blokovej aproximácii pôvodného systému lineárnych rovníc, ktorý vyriešime modifikovaním iteračného solveru BiCGSTAB. Takáto implementácia ACA algoritmu pre MFS je originálna a doposiaľ nebola použitá pri určovaní tiažového poľa Zeme. V rámci numerických experimentov použijeme prezentovanú metódu na rôznych icosahedronových sieťach, ktoré poskytujú rovnomernú distribúciu bodov. Presnosť metódy budeme testovať pomocou rekonštrukcie harmonickkej funkcie danej na elipsoidickej aproximácii zemského povrchu, pričom sa zameriame na redukciu vysokých pamäťových nárokov.

Numerické metódy pre level set úlohy s použitím vzdialenostnej funkcie bez znamienka

Nikola Gajdošová

STU, Bratislava, Stavebná fakulta

Práca sa bude zaoberať rekonštrukciou viacfázového interfejsu pomocou vzdialenostnej funkcie bez znamienka. Navrhne presnejší výpočet vzdialenostnej funkcie na zlepšenie výsledku rekonštrukcie interfejsu. Rekonštrukciu aplikujeme na pohybujúci sa interfejs, pohybom riadiacim sa rovnicou lineárnej advekcie na riešenie ktorej použijeme plne explicitnú numerickú schému.

Methods for enforcing non-negativity of solution in Krylov regularization

Phuong Thao Hoang

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

The purpose of this thesis is to study how to overcome difficulties one typically encounters when solving non-negative inverse problems by standard Krylov subspace methods. We first give a theoretical background to the non-negative inverse problems. Then we concen-

trate on selected modifications of Krylov subspace methods known to improve the solution significantly. We describe their properties, provide their implementation and propose an improvement for one of them. After that, numerical experiments are presented giving a comparison of the methods and analyzing the influence of the present parameters on the behavior of the solvers. It is clearly demonstrated, that the methods imposing nonnegativity perform better than the unconstrained methods. Moreover, our improvement leads in some cases to a certain reduction of the number of iterations and consequently to savings of the computational time while preserving a good quality of the approximation.

Optimalizace algoritmu větví a mezí s aplikací na testování fázové stability vícesložkových směsí

Martin Jex

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Práce se zabývá otázkou stability směsi v proměnných VTN. Tento problém je řešen pomocí globální optimalizace funkce TPD (tangent plane distance). Globální optimalizace je provedena metodou větví a mezí, která je vylepšena oproti základnímu algoritmu o efektivnější prořezávání stromu vznikajícím touto metodou. Toto zlepšení je odvozeno z nutných podmínek extrému, které vedou na doplňující podmínky na tlak a chemické potenciály. Funkce popisující tyto podmínky nejsou konvexní, a tedy se v práci odvozují jejich konvexně-konkávní rozklady. Autor odvodil konvexně-konkávní rozklady příslušných funkcí a využil je ke konstrukci příslušných relaxací. Během vypracovávání autor našel chybu v dříve publikovaném článku a práci, tedy obsahuje i opravu odhadů, které již byly publikovány v literatuře. Dále autor implementoval a testoval popsané metody. Práce navazuje na výzkumný úkol, s kterým se účastnil Rektorysovy soutěže a je předložena na KM FJFI ČVUT jako diplomová práce.

Implementace Shorova r-algoritmu pro nehladkou optimalizaci

Lukáš Kapera

VŠB-TU, Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Mezi hlavní přednosti r-algoritmu patří jeho jednoduchost a nízká paměťová náročnost, proto se často používá v rozhodovacích procesech běžících na méně výkonných čipech. Daní za jednoduchost a nenáročnost je ovšem nižší spolehlivost a vyšší časová náročnost. Cílem práce je potlačit oba uvedené negativní aspekty tak, aby r-algoritmus bylo možné nasadit v procesech běžících v reálném čase.

Přidali jsme r-algoritmu určitou vlastní inteligenci, pomocí které umí odhalit problematický výpočet již v jeho průběhu, ukončit jej, automaticky zvolit nové nastavení a výpočet opakovat. Dále jsme optimalizovali časovou náročnost r-algoritmu, uživatel nyní může sám nastavit maximální délku běhu výpočtu i řadu jiných parametrů. Zvýšili jsme spolehlivost r-algoritmu z 80–90 % na více než 99,9 %. Algoritmus je nyní vhodný pro výpočty v reálném čase.

Práce obsahuje řadu řešených úloh a numerických experimentů. Jedním z výstupů jsou doporučené hodnoty parametrů pro nastavení optimalizace, včetně grafického znázornění jejich závislosti.

Matematické modelování proudění tekutin a transportu kontrastní látky v cévách

Jan Kovář

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Tato práce se zabývá matematickým modelováním úloh spojených s vyšetřením perfuze myokardu za použití kontrastní látky. Úloha proudění a transportu kontrastní látky je v úvodu rozdělena do třech základních typových úloh, z nichž dvě jsou řešeny v rámci této práce.

Čtenáři je představen matematický model proudění newtonovské nestlačitelné kapaliny v izotermálním rigidním porézním prostředí a v izotermálním volném prostředí. Hlavním cílem této práce je řešení úlohy jednofázového proudění a transportu kontrastní látky v porézním prostředí představující srdeční svalovinu a v dvourozměrné oblasti reprezentující svými rozměry cévu krevního řečiště za použití mřížkové Boltzmannovy metody.

Mřížková Boltzmannova metoda byla úspěšně aplikována pro řešení zmíněných úloh a získané výsledky jsou v souladu s výsledky obdrženy pomocí metody konečných diferencí, či smíšené hybridní metody konečných prvků.

Numerické metody pre niektoré level set rovnice s krivostným členom

Katarína Lacková

STU, Bratislava, Stavebná fakulta

Táto práca sa zaoberá riešením eikonalovej rovnice s pridaným regularizačným difúznym alebo krivostným členom navrhnutou upwind numerickou aproximačnou schémou. Cenným prínosom bude aplikácia navrhutej upwind numerickej schémy pri viacerých numerických experimentoch. Budeme pozorovať správanie sa numerických metód pri aproximácií eikonalovej rovnice s difúznym, či krivostným členom, našou upwind schémou, ako aj ich konvergenciu, presnosť a v neposlednej rade aj vlastnosti samotného riešenia so zohľadneným krivostným, či difúznym členom.

Parameter optimization in COVID-19 epidemiological models

Josef Martínek

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This work is concerned with modelling of the spread of infectious diseases with emphasis on the current COVID-19 pandemic. Our goal is to estimate unknown parameters in epidemiological models from real data on the spread of the disease in the Czech Republic. To model the evolution of the epidemic, we consider compartmental models, which lead to a system of ordinary differential equations. We then formulate a non-linear least squares problem for the optimization of the model parameters to fit the model outcome to the observed data. We numerically optimize by the Levenberg-Marquardt method, which requires the Jacobian of the vector of residuals. This is obtained by deriving and solving the sensitivity equations corresponding to the considered model. We test the method on noisy artificial data and

on a well documented English boarding school influenza epidemic. Finally, we apply the method to Czech COVID-19 data and discuss the results. One of the conclusions of this work is the introduction of the concept of effective population size, to overcome the unrealistic assumption of complete homogeneity of the population. Thus the population size is not apriori given, but is an unknown parameter to be optimized. This leads to much better agreement of the models and real data. This appears to be a new concept. The presented work represents the core of the author's bachelor thesis.

Thermodynamically Consistent Modelling of Phase Separation Process

Lukáš Šatura

VŠCHT, Praha, Fakulta chemicko-inženýrská

Method of phase separation is used in manufacturing of hetero-phase or porous materials with defined morphology (polymer foams, porous membranes, high impact polymers). Mathematical description of phase separation which is important for understanding of the material morphology evolution is typically based on the solution of Cahn-Hilliard equation. Important input parameter of this class of mathematical models is the interfacial tension of separating immiscible liquids – this parameter usually cannot be determined experimentally and its value (used in mathematical models) is only estimated. Primary goal of this work is rigorous prediction of surface and interfacial tension for systems of varying chemical complexity by means of the Classical Density Functional Theory (cDFT), so that the predicted values can be used in the simulation of hetero-phase polymeric materials morphogenesis. In this work, equation of state was implemented to serve as a thermodynamic consistent means for phase boundary evolution.

Analýza kvality obrazu užitím Fourierovy transformace

Markéta Tkadlecová

VUTB, Brno, Fakulta strojního inženýrství

Tato práce se zabývá dvourozměrnou Fourierovou transformací a její aplikací při určování kvality obrazu. Je zde uveden algoritmus založený na amplitudových spektrech, který je následně testován na několika sadách snímků. Jsou rozebrány možnosti využití algoritmu v praxi i jeho nedostatky. Pro pochopení základů, na kterých algoritmus stojí, je vyloučen potřebný matematický aparát. Důraz je kladen na vysvětlení vlastností amplitudových spekter. Dále se práce věnuje digitálnímu obrazu a jeho charakteristikám, které ovlivňují jeho kvalitu. Pro otestování a seřazení snímků podle kvality byl sestaven demonstrační program. Výsledky prezentované v této SVOČ budou uplatněny jako bakalářská práce. V soutěži SVOČ ani dalších podobných soutěžích dosud žádný z výsledků uplatněn nebyl.

Sekce I1 + I2

Teoretická informatika

Umělá inteligence

Porota

RNDr. Petr Novotný, Ph.D. (FI MU, Brno)

Ing. Adam Novozámský, Ph.D. (ÚTIA AV ČR, Praha)

prof. RNDr. Gabriel Semanišin, PhD. (PF UPJŠ, Košice)

Predikcia nepozorovaných hrán v znamienkovej váženej sieti

Alex Babiš

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Predikcia nepozorovaných alebo budúcich hrán v sieťach je jednou z aktuálnych tém, ktorou sa v uplynulých dvoch dekádach zaoberalo množstvo ľudí. Cieľom našej práce bude priblížiť využívané techniky, špeciálne metódy založené na lokálnej topológii siete. Väčšina navrhnutých algoritmov sa zaoberá predikciou hrán v binárnych sieťach, v krajnom prípade vážených sieťach. My sa budeme preto snažiť práve techniky využívajúce topológiu siete zovšeobecniť, aby ich bolo možné a zároveň vhodné použiť pre siete znamienkovo váženého typu. Jedným spôsobom ako predikovať hrany v znamienkových sieťach by bolo jednoducho pripočítať dostatočne veľkú konštantu k váham hrán, dosiahnuť tým ich kladnosť a použiť existujúce prístupy. V práci sa venujeme korelačným sieťam, kde berieme kladné aj záporné hrany ako formu symetrickej informácie. Pričítanie konštanty a transformovanie korelačnej siete na váženú sieť by nám daný predpoklad, ako aj prácu so sieťou, mohol výrazne narušiť. Preto je lepšie zaviesť a pracovať s technikami, ktoré budú schopné s takouto formou informácie pracovať priamo. V záverečnej časti práce načrtujeme algoritmus pre filtrovanie informácie z plnej siete, ktorý sa bude opierať o zovšeobecnené prístupy predikcie hrán a filter porovnáme s existujúcimi prístupmi, akými sú minimálna kostra a trojuholníkovy maximálne filtrovaný graf. Výsledky budeme porovnávať na základe podobností zhlukovania, ktoré jednotlivé filtrované siete vytvoria.

Algebraic Cryptanalysis of Small Scale Variants of the AES

Marek Bielik

ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií

This work proposes and demonstrates new advances in algebraic cryptanalysis of small scale derivatives of the Advanced Encryption Standard (AES). We model the AES as a system of polynomial equations over $GF(2)$, which involves only the variables of the initial key, and we subsequently attempt to solve such a system. We show, for example, that one of the attacks can recover the secret key for one round of the AES-128 under one minute on a contemporary CPU. This attack requires only two known plaintexts and their corresponding ciphertexts.

Simulation of Centralized Algorithms for Multi-Agent Path Finding on Real Robots

Ján Chudý

ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií

The simulation of multi-agent pathfinding solutions is essential for research but also in educational demonstrations. Most of the time, the simulation is only displayed on a screen without the use of robotic agents. If robots are used, they get a sequence of commands they need to execute, or they receive the commands gradually, to follow their planned paths correctly. This work proposes a novel approach to the simulation of centralized multi-agent

pathfinding algorithms on physical agents called ESO-Nav. In this approach, the agents are not part of the planning process, nor do they have any information about their paths. The agents have a simple predetermined behavior in an environment and navigate in it based on the environment outputs. A working prototype of a simulator that utilizes this novel approach was implemented for a group of Ozobot Evo robots. The research and implementation of this solution were part of the author's bachelor thesis and the results have not yet been presented in SVOČ or any similar competition.

Agentní modelování pro evakuaci

Kristýna Janovská

ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií

V této práci se zabývám návrhem hierarchického systému koordinace agentů určeného pro simulaci evakuace. V práci rozeznávám dva typy agentů. Řídící agenti navzájem komunikují pomocí algoritmu konfliktového prohledávání a odvádějí své roje do bezpečné oblasti, zatímco agenti následníci následují svého řídicího agenta.

Představím několik modelů, které se liší jak chováním řídicích agentů vůči svým rojům, tak chováním agentů následníků co se týče pokusu o samostatnou evakuaci.

V práci provádím experimenty, jejichž výsledky ukáží, jak úspěšnost evakuace ovlivňují parametry chování agentů. Výsledky těchto experimentů poukážou na výhody komunikace mezi řídicími agenty, problémy, které mohou při evakuaci nastat a jejich závislost na nevhodném chování agentů.

Tato práce je základem pro moji bakalářskou práci, ve které budu tuto problematiku dále rozvíjet.

Minimalizácia neurónových sietí pre problém počítačového videnia v reálnom čase

Tomáš Kekeňák

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Hlboké neurónové siete sú v súčasnosti jednou z najdynamickejších oblastí výskumu informatiky. Súčasný modely dosahujú excelentné výsledky, ale výpočtovo sú veľmi zložité, a preto aj pomalé. V posledných rokoch sa preto dostáva do popredia minimalizácia neurónových sietí. V našej práci sa venujeme zmenšeniu hlbokých konvolučných neurónových sietí pre problém detekcie tváří. Cieľom práce je zrýchliť výpočet pri minimálnej strate presnosti. Pracovali sme s odoberaním celých konvolučných filtrov, keďže práve tento prístup garantuje reálne zníženie počtu operácií a tým aj zrýchlenie výpočtu. Implementovali sme viacero spôsobov minimalizácie modelov pomocou knižnice PyTorch. Dosiahli sme veľmi dobré výsledky, pri zmenšení počtu operácií o 73 stratili na presnosti iba 1 pomer zrýchlenia a straty presnosti.

Deep Learning Methods for Acoustic Emission Evaluation

Martin Kovanda

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

The goal of this paper is to summarize deep learning methods and apply some of these architectures to real data from tensile tests of metallic materials. Here many existing neural networks are applied to a signal gained from acoustic emission to determine the beginning of plasticity in the material. Plastic deformation is accompanied by microscopic events such as a slip of atomic plane dislocations which is hardly detectable by other methods. The potential of machine learning is demonstrated on two tensile tests where the material is strained until it collapses. The examined networks proved well to reliably predict the risk of collapse together with changes in the ultrasound signal emission. The author intends to use results shown in this SVOČ as a Research Project. This paper has not been used in any previous competition.

Optical Music Recognition using Deep Neural Networks

Jiří Mayer

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

Optical music recognition is a challenging field similar in many ways to optical text recognition. It brings, however, many challenges that traditional pipeline-based recognition systems struggle with. The end-to-end approach has proven to be superior in the domain of handwritten text recognition. We tried to apply this approach to the field of OMR. Specifically, we focused on handwritten music recognition. To resolve the lack of training data, we developed an engraving system for handwritten music called Mashcima. This engraving system is successful at mimicking the style of the CVC-MUSCIMA dataset. We evaluated our model on a portion of the CVC-MUSCIMA dataset and the approach seems to be promising.

Compilation of Multi-Agent Collective Construction in the Minecraft Game

Martin Rameš

ČVUT, Praha, Fakulta informačních technologií

This bachelor thesis studies current exact approaches to multi-agent collective construction problem, with emphasis on three-dimensional structures, built by agents repositioning passive blocks on a grid under the condition of gravity. A generalization of current fastest exact model is proposed, using mixed integer linear programming, to accommodate varying durations of agent actions. An application of the proposed model is used in conjunction with a solver to exactly optimize construction plan of user entered structures. The result is visualized in Minecraft, using program built upon project Malmo API. A series of experiments is performed on several small instances to measure relative construction makespan reduction, relative to the instances with one-timestep actions. Results show significant makespan reduction at action durations used for visualization in Minecraft.

Czech Question Answer Selection using Recurrent Neural Networks

Radoslav Sabol

MU, Brno, Fakulta informatiky

This thesis describes an answer selection module optimized for the Czech language. The module is being developed for open-domain question answering system Automatic Question Answering (AQA) using the Simple Question Answering Dataset (SQAD). The solution is based on recurrent neural networks for processing the input question and answer sentences from a document, returning the most probable answer.

The following text presents the theoretical background and details of the model architecture and offers its detailed evaluation and error analysis. The evaluation shows an increase in accuracy compared to the older iterations due to improved training techniques and reveals ways of improving the current setup.

The following work was defended as a bachelor thesis in 2020 and selected parts of the work have been published in several national and international conferences in due course.

Limitations of incompressible encodings

Petr Sedláček

UK, Praha, Matematicko-fyzikální fakulta

This thesis studies the limitations of incompressible encodings with information-theoretic security. We demonstrate a flaw in the existing proof of the impossibility of constructing incompressible encodings information-theoretically. Our main contribution is a full proof of impossibility of existence of non-trivial information-theoretically secure incompressible encoding schemes. In the first part of the thesis, we introduce the basics of incompressible encodings and provide the necessary definitions. Next, we present the flaws in the existing argument and provide explicit counterexamples to them. Throughout the rest of the thesis, we gradually construct a complete proof. We start by showing the impossibility under a few additional restrictions on the correctness and structure of the schemes that we subsequently remove one by one. Finally, we present an adversary able to break any non-trivial incompressible encoding scheme.

Parallel and online arithmetics in imaginary quadratic fields

Pavla Veselá

ČVUT, Praha, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Non-standard numeration systems are given by their base β , which is a complex number with $|\beta| > 1$, and their alphabet of digits A consisting of any complex numbers. We focus on the so-called polygonal numeration systems where the alphabet is of the form $A_n = \{0, 1, \xi, \dots, \xi^{n-1}\}$ where $\xi = e^{\frac{2\pi i}{n}}$ and both the base and the alphabet are in the ring of algebraic integers of some imaginary quadratic field. Feasibility of several arithmetic operations including parallel addition and on-line division and multiplication is discussed. We characterize the complete polygonal numeration systems in imaginary quadratic

fields. The Extending Window Method is used to find the algorithms for parallel addition. Then the decision whether the numeration systems satisfy OL property follows along with computation of preprocessing for on-line division using the implementation from our previous work.

The author intends to submit the text as her Master's thesis.

Sekce 13 + 14

Počítačová grafika a počítačové vidění
Aplikovaná informatika a softvérové inženýrství

Porota

prof. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D. (FSI VUTB, Brno)
Ing. Pavel Strachota, Ph.D. (FJFI ČVUT, Praha)
Mgr. Vladimír Boža, Ph.D. (FMFI UK, Praha)

Classification of Rat Strains Using Machine Learning

Eduard Bučko

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

This study aims to find a quick and effective way of classifying four different strains of rats (two hypertensive and two normotensive strains) with machine learning. To learn classification models, we used telemetry data of rats, obtained in the experiments of Molčan et al. Three methods are employed to study the data on three different levels of granularity. Firstly, the long-term (12 hours) averages of biomarkers, i.e., blood pressure, activity, and heart rate, were compared. Secondly, the moments of five-minute beat-to-beat data were used for classification. The third method aims to improve the classification results of the coarser methods by looking at the fine properties of the recorded data. It uses an attractor method based on a 3-dimensional projection of the delayed time series. The fine-scale features of arterial blood pressure waveforms were analysed to see if the rats could be classified near real-time. The methods could differentiate between normotensive and hypertensive rats and even assign the correct of the two strains to hypertensive rats. The methods misclassified some normotensive rats, but overall the results were successful. The first and the last methods scored especially good.

Smartphone-based Indoor Navigation Application

Jakub Džama

UPJŠ, Košice, Prírodovedecká fakulta

Táto práca, ktorá je zároveň mojou diplomovou prácou, vychádza z viacerých záverečných prác študentov našej fakulty a venuje sa lokalizácii a navigácii používateľa v budove. Ponúkaný je prehľad známych indoor lokalizačných prístupov aplikovateľných pre smartfóny a spomenuté sú aj problémy týkajúce sa navigácie používateľa. Navrhnuté lokalizačné riešenie je založené na výsledkoch z predošlých prác, pričom je obohatené o nové metódy, vylepšenia a modifikácie použitých algoritmov. Jadrom lokalizačného riešenia je Časticový filter, ktorý modeluje nepresnosť prijatých dát z rôznych pohybových senzorov. Veľkým prínosom práce je integrácia metódy využívajúcej Wi-Fi signál s Časticovým filtrom a rozšírenie filtra o podporu viacposchodových budov. Dané riešenie bolo použité a evaluované na dátach z budovy knižnice v Španielsku v rámci medzinárodnej súťaže organizovanej popri IPIN (Indoor Positioning and Indoor Navigation) konferencii. V práci je taktiež navrhnutá navigačná Android aplikácia určená pre študentov a návštevníkov univerzity. Aplikácia bola vyvíjaná podľa najnovších trendov v programovacom jazyku Kotlin využívajúca moderné knižnice a frameworky. Diskutované sú nadobudnuté výsledky, implementačné detaily, možnosti vylepšenia, či priestor na pokračovanie v danej práci.

Processing of Structured 3D Scans with Deep Learning

Lukáš Gajdošech

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

In recent years, deep convolutional neural networks achieved tremendous success in solving different tasks over 2D Images. Ever since, these models are applied to different types

of inputs, such as unorganized point clouds. In this work, we adapt these models to yet another type of data, organized 3D scans produced by structured light scanners. This kind of data shares properties of both 2D images and unorganized sets of points in space, being organized in a matrix, but also representing a 3D object by containing depth and normal information. With ideas from renowned models with skip connections, we are able to solve tasks of artifact filtering and part detection, exemplifying the usability of such models over this new domain. We compare results of novel approaches to analytical solutions, which are in an existing pipeline for 3D scans processing. It is desirable to find alternatives to existing methods as they are often non-robust, slow, hard to maintain or require additional information. Data is not as abundant as in the case of 2D images, since a special hardware is needed. Therefore, we generate synthetic data using a simulator, showing how a model can be trained over synthetic data, while giving reasonable results over the real scans. This work was done as a part of master's thesis.

Rozšíření přístupového systému o nové vlastnosti

Lukáš Klein

VŠB-TU, Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Práce se zabývá rozšířením vlastností přístupového systému na VŠB - Technické univerzitě Ostrava, FEL, který je na univerzitě instalován.

Přístupový systém je rozšířen o zabezpečenou komunikaci se smart kartami MIFARE DESfire bez použití SAM modulu. Diverzifikace klíče je prováděna na přístupovém serveru. Zabezpečená komunikace se smart kartami MIFARE DESfire je implementována na modulu přístupového systému.

Toto rozšíření nahradilo původní nezabezpečenou komunikaci při procesu ověření uživatele. Také je vylepšen proces vzdálených aktualizací OTA pro mikrokontrolér ESP32 tak, aby byla minimalizována možnost chyby, a celkově byl zlepšen proces úspěšného nasazení nové verze firmware modulů v ostrém provozu.

Dále bylo provedeno měření rychlosti odezvy systému a postupné optimalizace pro zrychlení přístupového systému. Jednou z hlavních optimalizací je přechod na protokol WebSocket s podporou zabezpečeného spojení prostřednictvím protokolu HTTPS, který s ostatními optimalizacemi systému umožní bezproblémové nasazení bez snížení uživatelského komfortu.

Výsledky prezentované v této SVOČ hodlá autor uplatnit jako diplomovou práci. Tato práce navazuje na základy SW vytvořeného v rámci bakalářské práce autora.

Modely na monitorovanie chronického ochorenia

Samuel Molčan

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Progresia neurologických ochorení môže byť pomalá a detekcia zhoršenia štandardnými klinickými stupnicami si vyžaduje dlhodobé pozorovanie. Na vyhodnotenie účinkov liečby v kratšom čase sú potrebné citlivejšie metódy. V tejto práci skúmame stupnicu *CombiWISE 1.0*, ktorú pôvodne vyvinuli Kosa a kol. Pomocou optimalizačných techník a lineárnych zmiešaných modelov. Skúmame varianty týchto metód a rozširujeme ich o údaje z aplikácie *NeurEx* na zaznamenávanie neurologických vyšetrení.

Návrh funkcie homogenity pre model automatickej segmentácie biotopov Natura 2000 zo satelitných dát

Martin Štefanec

STU, Bratislava, Stavebná fakulta

Práca sa zaoberá návrhom a implementáciou modifikácií pre metódu automatickej segmentácie zo satelitných snímok. Teoretická časť je venovaná modelu automatickej segmentácie, ktorý je založený na vývoji uzavretej Lagrangeovskej krivky. Súčasťou modelu automatickej segmentácie je funkcia homogenity, ktorá určuje oblasť expanzie pre počiatočnú krivku. Návrh alternatívnej definície funkcie homogenity predstavuje hlavný cieľ práce. Praktická časť sa zaoberá implementáciou navrhnutých modifikácií do softvéru NaturaSat vyvíjaného s podporou Európskej vesmírnej agentúry. Numerické experimenty predstavujú aplikáciu metódy na segmentáciu chránených území európskeho významu Natura 2000 zo satelitných snímok získaných skupinou satelitov Sentinel-2.

Automatic Checking of Modelling Exercises

Adam Trizna

UK, Bratislava, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Modelling exercise assignment describes an information system which uses a database to carry out its primary tasks. Student's task is to construct an entity-relationship (ER) model, defining a database for described system.

Currently due to its complexity, only manual evaluation of created design is possible, performed by a supervising reviewer. Our goal is to propose an algorithm for automatic student solution evaluation by comparing it to an exemplar solution.

In our previous work, studying the same problem, we've proposed an algorithm, executing an exhaustive search in the space of entity set mappings between the input models. Penalty function is used to evaluate each mapping found. Search space is pruned based on heuristic functions, inspired by the Branch & Bound methods. To deal with cases, when two structurally unequal ER models represent the same idea, a preprocessing step was introduced, transforming the input models.

In this work we define the original algorithm's shortcomings. Furthermore, we propose a new algorithm, also based on the entity set mapping search idea, but remaking the transformation mechanism. Instead of transforming in a separate phase, model transformation is incorporated in the mapping search. A search space node then consists of mapped entity set pairs and a set of transformations, executed along the way.

Finally, we present both algorithms quality evaluation results, using larger amount of real student modelling exercises solutions. We also analyze particular examples, which are problematic for the new algorithm as well, listing known open issues. As it is an open question how to solve them, these are to be worked on in future works.