

# SOUČASNÉ TRENDY TEORETICKÉ INFORMATIKY

5.-6. června 2023, Praha

P. Hubáček a P. Veselý (ed.)



## Úvodní slovo

Konference *Současné trendy teoretické informatiky* se koná pravidelně každé dva roky již od roku 2003. Cíl a účel konference zůstává stejný: Rádi bychom vytvořili domácí fórum pro kvalitní výsledky českých a slovenských informatiků, které byly prezentovány na prestižních mezinárodních konferencích. Publikování na mezinárodních výběrových konferencích (např. APPROX/RANDOM, CAV, CP, CRYPTO, ESA, EUROCOMB, FOCS, GD, ICALP, LICS, MFCS, PODS, SODA, STACS, STOC nebo WADS), kde bývá troj- a vícenásobný počet zaslaných příspěvků vůči počtu přijatých příspěvků, bývá měřítkem kvality a úspěšnosti vědecké práce.

Na konferenci STTI 2023 jsme pozvali mladé<sup>1</sup> české a slovenské informatiky, kteří uspěli v této konkurenci v posledních letech a jejichž práce byly referovány na některé z těchto mezinárodních akcí. Uspořádáním této konference chceme dát možnost široké odborné veřejnosti seznámit se s výsledky, kterým se dostalo mezinárodního uznání. Doufáme, že konference splní svůj účel a povzbudí české informatiky v další práci.

Konference se zúčastní 13 mladých českých a slovenských informatiků, kteří přednesou své příspěvky. Hlavní přednášku přednese Vašek Chvátal (Concordia University a Univerzita Karlova).

Konference STTI 2023 se uskuteční ve dnech 5.-6. června v Praze v budově MFF UK na Malostranském náměstí. Konference je organizována a podporována Katedrou aplikované matematiky a Informatickým ústavem Univerzity Karlovy a rovněž s podporou centra DIMATIA a Centra základů moderní informatiky. Děkujeme také paní Milštainové za její pomoc při organizaci konference.

Jaroslav Nešetřil, Pavel Hubáček, Pavel Veselý

---

<sup>1</sup>Abychom byli přesnější, myslíme počet let od obhajoby dizertační práce, což by se dalo označit za „akademický věk“.



# Obsah

Úvodní slovo . . . . .	1
Obsah . . . . .	3
Hlavní přednáška konference . . . . .	4
Program konference . . . . .	6

## Abstrakty příspěvků

Martin Balko: On Helly numbers of exponential lattices . . . . .	10
Václav Blažej: Polynomiální kernely pro TSP a jeho varianty . . . . .	11
Martin Böhm: Online facility location s lineární cenou zpoždění . . . . .	12
Marek Eliáš: Online výběr predikcí pro online algoritmy . . . . .	14
Lukáš Folwarczný: PPP-úplnost a extrémální kombinatorika . . . . .	15
Vojtěch Kaluža: Colin de Verdièrův grafový parameter . . . . .	16
Martin Koutecký: Dva modely šíření názorů ve společnosti . . . . .	17
Ondřej Mička: On a Combinatorial Generation Problem of Knuth . . . . .	18
Kristýna Pekárková: Šířkové parametry matroidů a jejich aplikace v celočíselném programování . . . . .	19
Šimon Schierreich: Parametrizovaná složitost síťové mikroagregace . . . . .	20
David Sychrovský: Price of Anarchy in a Double-Sided Critical Distribution System . . . . .	21
Pavel Veselý: Proudové algoritmy pro Euklidovské FACILITY LOCATION pomocí geometrického hešování . . . . .	22
Tung Anh Vu: Zobecněný $k$ -Center: Rozlišení doubling a dálniční dimenze	23

# Hlavní přednáška konference

## Paul Erdős a teoretická informatika

Vašek Chvátal

Concordia University & Univerzita Karlova

E-mail: [chvatal@kam.mff.cuni.cz](mailto:chvatal@kam.mff.cuni.cz)

Před půl stoletím se teoretická informatika výrazně oživila zájmem lidí, kteří se do té doby zabývali diskrétní matematikou. Všichni z nich byli do větší nebo menší míry učedníky Pála Erdőse, jednoho z nejproslulejších matematiků 20. století. Před necelými dvěma lety vydal Cambridge University Press mou knihu, která obsahuje úvod do Erdősovy diskrétní matematiky i osobní vzpomínky na setkávání s ním. Loni v lednu ji Association of American Publishers zařadila mezi čtyři kandidáty na cenu za dokonalost v kategorii matematiky. Provedu vás tou knihou a zdůrazním některé z těch její částí, které se mi zdají nejzajímavější.



# Program konference

## Program STTI'23

**pondělí 5. června**

**9:30** začátek registrace

**10:00** Tung Anh Vu: *Zobecněný  $k$ -Center: Rozlišení doubling a dálniční dimenze*

**10:25** Marek Eliáš: *Online výber predikcií pre online algoritmy*

**10:50** přestávka

**11:15** Šimon Schierreich: *Parametrizovaná složitost síťové mikroagregace*

**11:40** Martin Koutecký: *Dva modely šíření názorů ve společnosti*

**12:30** oběd

**14:00** Pavel Veselý: *Proudové algoritmy pro Eukleidovské FACILITY LOCATION a geometrické hešování*

**14:25** Lukáš Folwarczný: *PPP-úplnost a extrémální kombinatorika*

**14:50** přestávka

**15:10** Václav Blažej: *Polynomiální kernely pro TSP a jeho varianty*

**15:35** Martin Böhm: *Online facility location s lineární cenou zpoždění*

**16:00** přestávka

**16:30** Vašek Chvátal: *Paul Erdős a teoretická informatika*

**18:30** večere



## úterý 6. června

**9:30** Martin Balko: *On Helly numbers of exponential lattices*

**9:55** Ondřej Mička: *On a Combinatorial Generation Problem of Knuth*

**10:20** přestávka

**10:45** David Sychrovský: *Price of Anarchy in a Double-Sided Critical Distribution System*

**11:10** Kristýna Pekárková: *Šířkové parametry matroidů a jejich aplikace v celočíselném programování*

**11:35** Vojtěch Kaluža: *Colin de Verdièrův grafový parameter*

**12:15** oběd

Všechny přednášky se budou konat v posluchárně S5 v budově Matematicko-fyzikální fakulty UK na Malostranském náměstí.

## Abstrakty příspěvků



# On Helly numbers of exponential lattices

**Martin Balko**

Univerzita Karlova

E-mail: `balko@kam.mff.cuni.cz`

For every set  $S \subseteq \mathbb{R}^2$ , the *Helly number of  $S$*  is the smallest positive integer  $N$ , if it exists, such that, for every finite family  $\mathcal{F}$  of convex sets in  $\mathbb{R}^2$  the following statement is true: if the intersection of any  $N$  or fewer members of  $\mathcal{F}$  contains at least one point of  $S$ , then  $\bigcap \mathcal{F}$  contains at least one point of  $S$ .

We prove that the Helly numbers of exponential lattices  $\{\alpha^n : n \in \mathbb{N}_0\}^2$  are finite for every  $\alpha > 1$  and we determine their exact values in some instances, which in particular solves a problem posed by Dillon. We also fully characterize nondiagonal exponential lattices  $\{\alpha^n : n \in \mathbb{N}_0\} \times \{\beta^n : n \in \mathbb{N}_0\}$  with  $\alpha, \beta > 1$  with finite Helly numbers using results from number theory.

This is a joint work with Gergely Ambrus, Nóra Frankl, Attila Jung, and Márton Naszódi.

# Polynomiální kernely pro TSP a jeho varianty

Václav Blažej

University of Warwick, Coventry, United Kingdom

E-mail: [vaclav.blazej@warwick.ac.uk](mailto:vaclav.blazej@warwick.ac.uk)

V problému obchodního cestujícího (TSP) hledáme tah nejmenší váhy skrz všechny vrcholy grafu. Není těžké pro tento problém navrhnout FPT algoritmus na Treewidth. Kernelizace se zabývá předzpracováním vstupu tak, abychom získali malý vstup co dává stejnou odpověď. Je známé, že existence FPT algoritmu je ekvivalentní existenci kernelu; v takových případech je ale stále nejasné, jestli je velikost kernelu polynomiální vůči parametru. Ve článku „On Polynomial Kernels for Traveling Salesperson Problem and its Generalizations“ jsme hledali pro parametry má TSP a jeho zobecnění polynomiální kernel.

Ukazujeme, že TSP nemá polynomiální kernel nejen pro Treewidth, ale ani pro Vertex Integrity (a.k.a. Fractioning Number), tj. odebráním  $k$  vrcholů dostáváme komponenty s nejvýše  $k$  vrcholy. Naopak TSP má polynomiální kernel pro Feedback Edge Set a pro Modulátor do Konstantních Komponent, tj. odebráním  $k$  vrcholů dostáváme komponenty s nejvýše  $c$  vrcholy.

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Pratibhou Choudhary, Dušanem Knopem, Šimonem Schierreichem, Ondřejem Suchým a Tomášem Vallou.

# Online facility location s lineární cenou zpoždění

Martin Böhm

Univerzita Wrocław

E-mail: boehm@cs.uni.wroc.pl

V problému ONLINE FACILITY LOCATION SE ZPOŽDĚNÍM se v metrickém prostoru objevuje online posloupnost  $n$  klientů, které je třeba připojit k jedné z továren, která byla otevřena. Klienti nemusí být připojeni okamžitě, ale takové rozhodnutí má svou cenu: každý klient nese náklady na čekání (rovné rozdílu mezi časem jeho příchodu a časem jeho připojení). Algoritmus může kdykoli rozhodnout o otevření továrny a připojit k ní jakoukoli skupinu klientů. Jinými slovy, algoritmus musí vyvážit součet tří typů nákladů: náklady na otevření továrny, náklady na připojení klientů a náklady klientů na čekání.

V tomto příspěvku představujeme variantu tohoto problému, kde se klienti mohou také připojit k již otevřené továrně, ale taková akce přináší dodatečné náklady: algoritmus platí za *čekání továrny* (tento náklad je účtován pro každé takové pozdní připojení). To připomíná již existující problém ONLINE PÁROVÁNÍ S PRODLEVAMI, kde obě strany spojení nesou náklady na čekání.

Tuto variantu nazýváme ONLINE FACILITY LOCATION S DVOUSTRANNÝM ZPOŽDĚNÍM na rozdíl od dříve studovaného jednostranného zpoždění, kde se klienti mohou připojit k továrně pouze v době jeho otevření.

V příspěvku představíme deterministický algoritmus pro variantu s dvoustranným zpožděním, který je  $O(1)$ -kompetitivní. Náš přístup je rozšířením klasického přístupu od Jaina, Mahdiana a Saberiho [STOC 2002] pro analýzu výkonu *offline* algoritmů pro facility location. V tomto směru značně zjednodušujeme část původní argumentace, ve které je odvozen poměr pomocí sekvence tzv. *poměr odhalujících LP*.

V článku také ukazujeme, jak převést náš  $O(1)$ -kompetitivní algoritmus pro variantu s dvoustranným zpožděním na  $O(\log n / \log \log n)$ -kompetitivní deterministický algoritmus pro ONLINE FACILITY LOCATION S JEDNOSTRANNÝM ZPOŽDĚNÍM. To zlepšuje doposud nejlepší známou hranici  $O(\log n)$  od Azara a Touitoua [FOCS 2020]. Poznáváme, že všechny předchozí online algoritmy pro problémy s prodlevami v obecných metrikách mají kompetitivnost alespoň  $\Omega(\log n)$ .

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Marcinem Bienkowskim, Jarosławem Byrkou a Janem Marcinkowskim.

# Online výber predikcií pre online algoritmy

Marek Eliáš

Bocconi University, Milán, Itálie

E-mail: marek.elias@unibocconi.it

V našom článku študujeme online algoritmy, ktoré používajú predikcie vygenerované napríklad vhodným modelom strojového učenia na zlepšenie svojich výkonnostných parametrov. Tento prístup bol navrhnutý v článkoch od autorov Kraska et al. [2018] o indexovacích štruktúrach na báze strojového učenia kombinovaného s prispôbeným algoritmom pre delenie intervalov a tiež v článku od Lykourisa a Vassilvitského [2021] o stránkovaní. Bola mu dokonca venovaná kapitola v knihe Tima Roughgardena „Beyond the Worst-Case Analysis of Algorithms“ [2021], ktorú napísali Vassilvitskii a Mitzenmacher.

Algoritmy, ktoré používajú predikcie, môžu dosahovať vynikajúcich výsledkov, ak sú tieto predikcie správne. To však nie je zaručené: ak sa reálny vstup algoritmu veľmi líši od tých ktoré boli použité pri tréningu predikčného modelu, správanie algoritmu s použitím predikcií môže byť nakoniec oveľa horšie než bez nich. Dôležitou technikou je preto kombinovanie takýchto algoritmov so štandardnými algoritmi, ktoré nepoužívajú predikcie, ale majú zaručené výkonnostné parametre bez ohľadu na vstup. Vo všeobecnosti by sme chceli z danej sady algoritmov poskladať nový algoritmus, ktorý na každom vstupe dosahuje parametre najlepšieho algoritmu v sade.

V našom článku posúvame tento prístup ďalej: predpokladáme, že vstup sa skladá so segmentov a na každom z nich vyniká iný z algoritmov. Bez obmedzení počtu týchto segmentov, existuje  $\ell^2$ -kompetitívny algoritmus vzhľadom k najlepšej kombinácii  $\ell$  algoritmov pripravenej offline. Ak je však počet týchto segmentov menší než konštanta závisiaca na  $\epsilon / \log \ell$  krát vhodne zameraná dĺžka vstupu, vieme dosiahnuť kompetitívny pomer  $(1 + \epsilon)$ .



# PPP-úplnost a extrémální kombinatorika

Lukáš Folwarczný

Matematický ústav AV ČR & Informatický ústav UK

E-mail: folwarczny@math.cas.cz

Mnohé klasické kombinatorické věty zaručují existenci určitých podstruktur uvnitř dostatečně velkých kolekcí objektů. Takové věty nám mohou dát vyhledávací problémy, u kterých řešení vždy existuje a je efektivně ověřitelné, tedy problémy ležící uvnitř třídy TFNP. Známymi příklady jsou Ramseyova věta o jednobarevných podgrafech a Erdős-Radovo slunečnicové lemma. Víme, že implicitní verze vyhledávacího problému odpovídajícího Ramseyově větě je PWPP-těžká vzhledem k pravděpodobnostním redukcím a implicitní verze slunečnicového lemmatu je PWPP-těžká. Implicitní zde znamená, že vstupní soubor objektů je reprezentován obvodem polynomiální velikosti, který dává exponenciálně mnoho objektů, a PWPP je podtřída TFNP odpovídající slabému principu holubníku.

V této práci dokazujeme, že několik dalších známých vět z extrémální kombinatoriky – včetně Erdős-Ko-Radovy věty, Spernerovy věty a Cayleyho formule – nám dává *úplné* problémy pro třídy PWPP a PPP (podtřída odpovídající silnému principu holubníku). Naproti tomu pro Ramseyovu větu ani slunečnicové lemma není náležení do třídy PWPP známo. Mimo to, že rozšiřujeme okruh známých úplných problémů pro třídy PWPP a PPP, identifikujeme vlastnosti kombinatorických důkazů existence, které vedou na úplné problémy pro tyto třídy.

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Romainem Bourneufem, Pavlem Hubáčkem, Alonem Rosenem a Nikolajem Schwartzbachem.

## Colin de Verdièrův grafový parameter

**Vojtěch Kaluža**

Institute of Science and Technology Austria

E-mail: [vojtech.kaluza@ist.ac.at](mailto:vojtech.kaluza@ist.ac.at)

V roce 1990 představil Yves Colin de Verdièr nový a neobvyklý grafový parameter a vzápětí o něm dokázal, že je minorově monotónní a charakterizuje (mimo jiné) rovinné grafy. Také přednesl hypotézu, že je tento parameter horní mezí pro grafovou barevnost. V roce 1998, v návaznosti na práci Robertsona, Seymoura a Thomase, Lovász a Schrijver dokázali, že tento parameter charakterizuje také tzv. ploché (ang. flat/linkless-embeddable) grafy.

V tomto příspěvku bych chtěl představit hlavní známé výsledky a otevřené problémy týkající se Colin de Verdièrova parametru a také zmíním topologický horní odhad na tento parameter, který jsem dokázal spolu s Martinem Tancerem.

## Dva modely šíření názorů ve společnosti

**Martin Koutecký**

Univerzita Karlova

E-mail: koutecky@iuuk.mff.cuni.cz

Významným prvkem marketingových a politických kampaní posledních let je, že „nepřímé“ ovlivňování společnosti, při němž kampaň počítá s důsledky šíření zpráv a názorů ve společnosti. Ačkoliv existuje mnoho různých modelů tohoto fenoménu, z algoritmického hlediska se o nich typicky nedá říct mnoho pozitivního – výpočetní problém optimálního ovlivnění společnosti je obvykle těžký i pro extrémně jednoduché třídy grafů. Proto představím dva nové a vzájemně související modely šíření názorů, které tento neduh řeší. Zmíním i několik přístupných otevřených problémů.

Přednáška se zakládá na společné práci s Faliszewskim, Gonen a Talmone (IJCAI 2018) a bakalářské práci Aleše Prokopa (2023).

# On a Combinatorial Generation Problem of Knuth

Ondřej Mička

Charles University, Faculty of Mathematics and Physics

E-mail: `micka@ktiml.mff.cuni.cz`

The well-known middle levels conjecture asserts that for every integer  $n \geq 1$ , all binary strings of length  $2(n + 1)$  with exactly  $n + 1$  many 0s and 1s can be ordered cyclically so that any two consecutive strings differ in swapping the first bit with a complementary bit at some later position. In his book ‘The Art of Computer Programming Vol. 4A’ Knuth raised a stronger form of this conjecture (Problem 56 in Section 7.2.1.3), which requires that the sequence of positions with which the first bit is swapped in each step of such an ordering has  $2n + 1$  blocks of the same length, and each block is obtained by adding  $s = 1$  (modulo  $2n + 1$ ) to the previous block. In this work, we prove Knuth’s conjecture in a more general form, allowing for arbitrary shifts  $s \geq 1$  that are coprime to  $2n + 1$ . We also present an algorithm to compute this ordering, generating each new bitstring in  $\mathcal{O}(n)$  time, using  $\mathcal{O}(n)$  memory in total.

This is a joint work with Arturo Merino and Torsten Mütze.

# Šířkové parametry matroidů a jejich aplikace v celočíselném programování

**Kristýna Pekárková**

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity, Brno

E-mail: [kristyna.pekarkova@mail.muni.cz](mailto:kristyna.pekarkova@mail.muni.cz)

Teorie matroidů má významné uplatnění v oblasti optimalizace; matroidy úzce souvisí s hladovými algoritmy a ukázaly se i jako silný nástroj při návrhu parametrizovaných algoritmů. V této přednášce se však zaměříme jejich odlišné využití – studujeme hloubkové parametry matroidů z jejich algoritmického a kombinatorického hlediska a zkoumáme, jak lze jejich strukturální vlastnosti aplikovat v kontextu optimalizace, zejména celočíselného programování. Ukážeme, že hloubkové parametry matroidů lze využít k návrhu algoritmů pro transformaci matice omezení na ekvivalentní instanci s blokovou strukturou a zmíníme také vztah mezi těmito parametry a Graver bází matice omezení.

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s M. Briaňským, M. Kouteckým, D. Králem a F. Schröderem.

## Parametrizovaná složitost síťové mikroagregace

**Šimon Schierreich**

Fakulta informačních technologií, České vysoké učení technické v Praze

E-mail: [schiesim@fit.cvut.cz](mailto:schiesim@fit.cvut.cz)

Mikroagregace je klasická technika v oblasti statistical disclosure control (SDC), která spočívá ve shlukování dat do clusterů a výběru reprezentantů každého clusteru tak, aby bylo dostatečně bezpečné tyto reprezentanty uvolnit pro externí výzkumníky. V této práci se zabýváme studiem exaktních algoritmů a dolních mezí pro mikroagregaci zadané sítě. Jelikož lze snadno nahlédnout, že problém je ve vší obecnosti NP-těžký, problém dále studujeme z pohledu parametrizované složitosti. Naše výsledky dávají kompletní obraz pro problém mikroagregace sítě vzhledem k přirozeným parametrům, včetně parametrů zachycujících velikost a homogenitu shluků, a strukturálním parametrům stromová šířka a vertex cover number dále omezujícími tvar sítě.

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Václavem Blažejem, Robertem Galianem, Dušanem Knopem, Janem Pokorným a Kirillem Simonovem.

# Price of Anarchy in a Double-Sided Critical Distribution System

David Sychrovský

Univerzita Karlova

E-mail: sychrovsky@kam.mff.cuni.cz

Measures of allocation optimality differ significantly when distributing standard tradable goods in peaceful times and scarce resources in crises. While realistic markets offer asymptotic efficiency, they may not necessarily guarantee fair allocation desirable when distributing the critical resources. To achieve fairness, mechanisms often rely on a central authority, which may act inefficiently in times of need when swiftness and good organization are crucial. In this work, we study a hybrid trading system called Crisdis, introduced by Jedličková et al., which combines fair allocation of buying rights with a market – leveraging the best of both worlds. A frustration of a buyer in Crisdis is defined as a difference between the amount of goods they are entitled to according to the assigned buying rights and the amount of goods they are able to acquire by trading. We define a Price of Anarchy (PoA) in this system as a conceptual analogue of the original definition in the context of frustration. Our main contribution is a study of PoA in realistic complex double-sided market mechanisms for Crisdis. The performed empirical analysis suggests that in contrast to market free of governmental interventions, the PoA in our system decreases.

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Jakubem Černým, Sylvainem Lichau a Martinem Loeblem.

# Proudové algoritmy pro Euklidovské FACILITY LOCATION pomocí geometrického hešování

Pavel Veselý

Univerzita Karlova

E-mail: vesely@iuuk.mff.cuni.cz

V problému Euklidovské FACILITY LOCATION s uniformní cenou potřebujeme otevřít jistá zařízení (např. ordinace doktorů), která obslouží danou množinu klientů rozmístěných v  $\mathbb{R}^d$ . Cílem je minimalizovat sumu ceny za otevření zařízení a celkové vzdálenosti jednotlivých klientů k jejich nejbližšímu zařízení.

Zaměříme se na tzv. proudové (streaming) algoritmy, které zpracují množinu bodů (klientů) v jednom průchodu s malou pamětí, ideálně logaritmickou v počtu bodů a polynomiální v dimenzi. Představíme novou techniku pro návrh proudových algoritmů pro FACILITY LOCATION na aproximaci optimální ceny. Tato technika je založena na geometrickém hešování bodů v  $\mathbb{R}^d$  do přihrádek, jehož klíčovou vlastností je, že libovolná množina bodů o dost malém průměru se zahašuje do omezeného počtu přihrádek (polynomiálního v  $d$ ). Díky tomu naše algoritmy fungují dobře i ve vysoké dimenzi  $d$ .

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Arturem Czumajem, Arnoldem Filtserem, Shaofengem Jiangem, Robertem Krauthgamerem a Mingweiem Yangem.



# Zobecněný $k$ -Center: Rozlišení doubling a dálniční dimenze

**Tung Anh Vu**

University of Sheffield

E-mail: [tung@kam.mff.cuni.cz](mailto:tung@kam.mff.cuni.cz)

Uvažujeme zobecnění problému  $k$ -CENTER pro grafy nízké doubling a dálniční dimenze. Pro problém CAPACITATED  $k$ -SUPPLIER WITH OUTLIERS (CKSWO) představujeme efektivní parametrizované aproximační schéma (EPAS) pro parametry  $k$ , počet odlehliků a doubling dimenze množiny dodavatelů. Na druhou stranu pro speciální případ předchozího problému zvaný CAPACITATED  $k$ -CENTER dokážeme, že je W[1]-těžké navrhnout parametrizované aproximační schéma (PAS) pro parametry  $k$  a dálniční dimenze. Jde o první příklad problému, pro který je těžké najít PAS pro grafy nízké dálniční dimenze, který však zároveň má EPAS pro doubling dimenzi.

Příspěvek obsahuje výsledky společné práce s Andreasem Emilem Feldmannem.