MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ FAKULTA
Univerzita Karlova

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Martin Struk

Rozbíjení symetrií pro řešení splnitelnosti

Katedra algebry

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Mikoláš Janota, Ph.D.
Studijní program: Matematika pro informační technologie

Praha 2026

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval(a) samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů. Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V .... dne ....

Podpis autora

Poděkování.

Název práce: Rozbíjení symetrií pro řešení splnitelnosti

Autor: Martin Struk

Katedra: Katedra algebry

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Mikoláš Janota, Ph.D., Katedra algebry

Abstrakt: Abstrakt.

Klíčová slova: klíčové slovo, složitější fráze

Title: Symmetry Breaking Constraints for SAT Solving

Author: Martin Struk

Department: Department of algebra

Supervisor: Mgr. Mikoláš Janota, Ph.D., Department of algebra

Abstract: Abstract.

Keywords: key, words

Obsah

Úvod

Cílém této práce je implementovat nástroj, který pro vstupní SAT formuli vygeneruje klauzule pro rozbíjení symetrií pro zvolenou množinu permutací na proměnných, a dále zkoumat, jak různé výběry množin permutací ovlivňují celkový počet rozbitých symetrií, množství přidaných klauzulí a celkově efektivitu nástroje.

Problém splnitelnosti booleovských formulí (SAT) je jedním ze základních rozhodovacích problémů. Cílem je určit, zda existuje ohodnocení proměnných zadané booleovské formule takové, že výsledný výraz je pravdivý. Přestože se nástroje pro řešení SAT (SAT solvery) instancí výrazně posunuly kupředu, složité instance často obsahují redundance a struktury, které stále příliš rozšiřují prohledávací prostor. Jedním ze zdrojů takové redundance jsou právě symetrie.

Symetrie v SAT formulích lze chápat jako permutace proměnných, které zachovávají pravdivost celé formule. Jako hlavní příklad symetrií v této práci budeme uvažovat záměnu ekvivalentních objektů ve vstupní úloze. Pro lepší představu si jako jednoduchý příklad uvedeme problém holubníku. Zde je cílem určit, zda je možné rozmístit zadaný počet holubů do zadaného počtu holubníků tak, že v každém holubníku bude nejvýše jeden holub. Na jednotlivé holuby ani holubníky nemáme žádné speciální požadavky, takže například pro 5 holubníků a 1 holuba máme 5 různých řešení, protože nezáleží na tom, který holubník vybereme. Přitom z jednoho řešení na druhé se můžeme dostat permutací označení jednotlivých holubníků, protože jednotlivé holubníky jsou ekvivalentní. V tomto smyslu jsou i samotná řešení ekvivalentní a SAT solveru by stačilo zkontrolovat jediné z nich, aby přišel na to, jestli jsou všechna pravdivá, nebo nepravdivá. Avšak právě podobné permutované varianty stejného řešení SAT solvery často zbytečně procházejí mnohokrát během jednoho řešení, čímž se dramaticky zvětšuje prohledávací prostor. V ideálním případě SAT solver z každé třídy ekvivalencí řešení zkontroluje vždy nejvýše jedno řešení. K tomuto stavu se chceme přidáváním klauzulí co nejvíce přiblížit a říkáme mu úplné rozbití symetrie.

Úplné rozbití všech symetrií je ale v realitě většinou příliš náročné. SAT solver sice v takovém případě poběží kratší dobu, ale samotné generování všech potřebných klauzulí pro rozbíjení symetrií zabere příliš mnoho času. Musíme tedy generovat určitou podmnožinu klauzulí pro rozbíjení symetrií, která ale stále rozbije dostatečné množství symetrií. Tomuto přístupu říkáme částečné rozbití symetrie.

Jedním z nejčastěji používaných způsobů rozbíjení symetrií je metoda $Lex-Leader$. Zde pro každou třídu ekvivalencí řešení definujeme jedno jako kanonické řešení. Toho docílíme přidáním omezujících podmínek, které splňuje pouze kanonické řešení. Základem je nejdříve si zvolit uspořádání na proměnných. Z tohoto uspořádání odvodíme uspořádání na celých ohodnoceních stejně jako u lexikografického uspořádání. Máme tedy

$$x_1 \prec x_2 \prec \cdots \prec x_n$$

a pro každé ohodnocení x a každou permutaci π přidáme omezující podmínku

$$x \leq_{\text{lex}} \pi(x).$$

Vybrané kanonické řešení je vždy lexikograficky nejmenší a tím pádem jako jediné z dané třídy ekvivalencí bude splňovat všechny přidané podmínky. Tímto zřejmě dosáhneme úplného rozbití symetrií. Jak již ale bylo řečeno, v tomto případě bychom potřebovali přidat příliš mnoho omezujících podmínek. Z tohoto důvodu se budeme zaměřovat na částečné rozbití symetrií, kdy se omezující podmínky generují pouze pro vybranou podmnožinu permutací.

1 Nápověda k sazbě

1.1 Úprava práce

Vlastní text práce je uspořádaný hierarchicky do kapitol a podkapitol, každá kapitola začíná na nové straně. Text je zarovnán do bloku. Nový odstavec se obvykle odděluje malou vertikální mezerou a odsazením prvního řádku. Grafická úprava má být v celém textu jednotná.

Práce se tiskne na bílý papír formátu A4. Okraje musí ponechat dost místa na vazbu: doporučen je horní, dolní a pravý okraj 25 mm, levý okraj 40 mm. Číslují se všechny strany kromě obálky a informačních stran na začátku práce; první číslovaná strana bývá obvykle ta s obsahem.

Písmo se doporučuje dvanáctibodové (12 pt) se standardní vzdáleností mezi řádky (pokud píšete ve Wordu nebo podobném programu, odpovídá tomu řádkování 1,5; v TEXu není potřeba nic přepínat).

Primárně je doporučován jednostranný tisk (příliš tenkou práci lze obtížně svázat). Delší práce je lepší tisknout oboustranně a přizpůsobit tomu velikosti okrajů: 40 mm má vždy *vnitřní* okraj. Rub titulního listu zůstává nepotištěný.

Zkratky použité v textu musí být vysvětleny vždy u prvního výskytu zkratky (v závorce nebo v poznámce pod čarou, jde-li o složitější vysvětlení pojmu či zkratky). Pokud je zkratek více, připojuje se seznam použitých zkratek, včetně jejich vysvětlení a/nebo odkazů na definici.

Delší převzatý text jiného autora je nutné vymezit uvozovkami nebo jinak vyznačit a řádně citovat.

1.2 Jednoduché příklady

K různým účelům se hodí různé typy písma. Pro běžný text používáme vzpřímené patkové písmo. Chceme-li nějaký pojem zvýraznit (třeba v okamžiku definice), používáme obvykle *kurzívu* nebo **tučné písmo.** Text matematických vět se obvykle tiskne pro zdůraznění *skloněným (slanted)* písmem; není-li k dispozici, může být zastoupeno *kurzívou.* Text, který je chápan doslova (například ukázky programů) píšeme `psacím strojem`. Důležité je být ve volbě písma konzistentní napříč celou prací.

Čísla v českém textu obvykle sázíme v matematickém režimu s desetinnou čárkou: $\pi \doteq 3{,}141\,592\,653\,589$. V matematických textech je často lepší používat desetinnou tečku (pro lepší odlišení od čárky v roli oddělovače). Nestřídejte však obojí. Numerické výsledky se uvádějí s přiměřeným počtem desetinných míst.

Mezi číslo a jednotku patří úzká mezera: šířka stránky A4 činí 210 mm, což si pamatuje pouze 5 % autorů. Pokud ale údaj slouží jako přívlastek, mezeru vynecháváme: 25mm okraj, 95% interval spolehlivosti.

Rozlišujeme různé druhy vodorovných čárek: červeno-černý (tzv. spojovník), strana 16–22 (střední pomlčka), $45 - 44$ (matematické minus), a toto je — jak se asi dalo čekat — vložená věta ohraničená dlouhými pomlčkami.

V českém textu se používají „české“ uvozovky, nikoliv “anglické”.

Na některých místech je potřeba zabránit lámání řádku (v~TEXu značíme vlnovkou): u~předložek (neslabičnych, nebo obecně jednopísmenných), vrchol~v, před k~kroky, a~proto, … obecně kdekoliv, kde by při rozlomení čtenář „škobrtnul“.

1.3 Matematické vzorce a výrazy

Proměnné sázíme kurzívou (to TEX v matematickém módu dělá sám, ale nezapomínejte na to v okolním textu a také si matematický mód zapněte). Názvy funkcí sázíme vzpřímeně. Tedy například: $\operatorname{var}(X) = \mathsf{E}\, X^2 - \left(\mathsf{E}\, X\right)^2$.

Zlomky uvnitř odstavce (třeba $\frac{5}{7}$ nebo $\frac{x+y}{2}$) mohou být příliš stísněné, takže je lepší sázet jednoduché zlomky s lomítkem: $5/7$, $(x+y)/2$.

Není předepsáno, jakým písmem označovat jednotlivé druhy matematických objektů (matice, vektory atd.), ale značení pro tentýž druh objektu musí být v celé práci používáno stejně. Podobně používáte-li více různých typů závorek, je třeba dělat to v celé práci konzistentně.

Nechť

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{x}_1^\top \\ \vdots \\ \boldsymbol{x}_n^\top \end{pmatrix}.$$

Povšimněme si tečky za maticí. Byť je matematický text vysázen ve specifickém prostředí, stále je gramaticky součástí věty, a tudíž je zapotřebí neopomenout patřičná interpunkční znaménka. Obecně nechceme sázet vzorce jeden za druhým a raději je propojíme textem.

Výrazy, na které chceme později odkazovat, je vhodné očíslovat:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{x}_1^\top \\ \vdots \\ \boldsymbol{x}_n^\top \end{pmatrix}. \tag{1.1}$$

Výraz (1.1) definuje matici $\mathbf{X}$. Pro lepší čitelnost a přehlednost textu je vhodné číslovat pouze ty výrazy, na které se autor někde v další části textu odkazuje. To jest, nečíslujte automaticky všechny výrazy vysázené některým z matematických prostředí.

Zarovnání vzorců do několika sloupečků:

$$\begin{aligned} S(t) &= \mathsf{P}(T > t), &\quad t &> 0 &\quad &\text{(zprava spojitá)},\\ F(t) &= \mathsf{P}(T \le t), &\quad t &> 0 &\quad &\text{(zprava spojitá)}. \end{aligned}$$

Dva vzorce se spojovníkem:

$$\left.\begin{aligned} S(t) &= \mathsf{P}(T > t)\\ F(t) &= \mathsf{P}(T \le t) \end{aligned}\right\} \quad t > 0 \qquad \text{(zprava spojité)}. \tag{1.2}$$

Dva centrované nečíslované vzorce:

$$\boldsymbol{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon},$$

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & \boldsymbol{x}_1^\top \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \boldsymbol{x}_n^\top \end{pmatrix}.$$

Dva centrované číslované vzorce:

$$\boldsymbol{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \tag{1.3}$$

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & \boldsymbol{x}_1^\top \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \boldsymbol{x}_n^\top \end{pmatrix}. \tag{1.4}$$

Definice rozdělená na dva případy:

$$P_{r-j} = \begin{cases} 0, & \text{je-li } r-j \text{ liché,} \\ r!\,(-1)^{(r-j)/2}, & \text{je-li } r-j \text{ sudé.} \end{cases}$$

Všimněte si použití interpunkce v této konstrukci. Čárky a tečky se dávají na místa, kam podle jazykových pravidel patří.

$$\begin{aligned} x &= y_1 - y_2 + y_3 - y_5 + y_8 - \dots = && \text{z (1.3)} \\ &= y' \circ y^* = && \text{podle (1.4)} \\ &= y(0)y' && \text{z Axiomu 1.} \end{aligned} \tag{1.5}$$

Dva zarovnané vzorce nečíslované (povšimněte si větších závorek, aby se do nich vešel vyšší vzorec):

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\theta}) &= \prod_{i=1}^{n} f_i(y_i;\, \boldsymbol{\theta}), \\ \ell(\boldsymbol{\theta}) &= \log\Bigl\{L(\boldsymbol{\theta})\Bigr\} = \sum_{i=1}^{n} \log\Bigl\{f_i(y_i;\, \boldsymbol{\theta})\Bigr\}. \end{aligned}$$

Dva zarovnané vzorce, první číslovaný:

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\theta}) &= \prod_{i=1}^{n} f_i(y_i;\, \boldsymbol{\theta}), \qquad (1.6) \\ \ell(\boldsymbol{\theta}) &= \log\Bigl\{L(\boldsymbol{\theta})\Bigr\} = \sum_{i=1}^{n} \log\Bigl\{f_i(y_i;\, \boldsymbol{\theta})\Bigr\}. \end{aligned}$$

Vzorec na dva řádky, první řádek zarovnaný vlevo, druhý vpravo, nečíslovaný:

$$\begin{multline*} \ell(\mu, \sigma^2) = \log\Bigl\{L(\mu, \sigma^2)\Bigr\} = \sum_{i=1}^{n} \log\Bigl\{f_i(y_i;\, \mu, \sigma^2)\Bigr\} = \\ = -\frac{n}{2}\,\log(2\pi\sigma^2) \;-\; \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu)^2. \end{multline*}$$

Vzorec na dva řádky, zarovnaný na =, číslovaný uprostřed:

$$\begin{split} \ell(\mu, \sigma^2) &= \log\Bigl\{L(\mu, \sigma^2)\Bigr\} = \sum_{i=1}^{n} \log\Bigl\{f(y_i;\, \mu, \sigma^2)\Bigr\} = \\ &= -\frac{n}{2}\,\log(2\pi\sigma^2) \;-\; \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu)^2. \end{split} \tag{1.7}$$

1.4 Definice, věty, důkazy, ...

Konstrukce typu definice, věta, důkaz, příklad, ... je vhodné odlišit od okolního textu a případně též číslovat s možností použití křížových odkazů. Pro každý typ těchto konstrukcí je vhodné mít v souboru s makry (`makra.tex`) nadefinované jedno prostředí, které zajistí jak vizuální odlišení od okolního textu, tak automatické číslování s možností křížově odkazovat.

Definice 1. *Nechť náhodné veličiny* $X_1, \ldots, X_n$ *jsou definovány na témž pravděpodobnostním prostoru* $(\Omega, \mathcal{A}, \mathsf{P})$. *Pak vektor* $\boldsymbol{X} = (X_1, \ldots, X_n)^\top$ *nazveme* náhodným vektorem.

Definice 2 (náhodný vektor)**.** *Nechť náhodné veličiny* $X_1, \ldots, X_n$ *jsou definovány na témž pravděpodobnostním prostoru* $(\Omega, \mathcal{A}, \mathsf{P})$. *Pak vektor* $\boldsymbol{X} = (X_1, \ldots, X_n)^\top$ *nazveme* náhodným vektorem.

Definice 1 ukazuje použití prostředí pro sazbu definice bez titulku, definice 2 ukazuje použití prostředí pro sazbu definice s titulkem.

Věta 1. *Náhodný vektor* $\boldsymbol{X}$ *je měřitelné zobrazení prostoru* $(\Omega, \mathcal{A}, \mathsf{P})$ *do* $(\mathbb{R}_n, \mathcal{B}_n)$.

Lemma 2 (**Andel07empty citation**, str. 29)**.** *Náhodný vektor* $\boldsymbol{X}$ *je měřitelné zobrazení prostoru* $(\Omega, \mathcal{A}, \mathsf{P})$ *do* $(\mathbb{R}_n, \mathcal{B}_n)$.

Důkaz. Jednotlivé kroky důkazu jsou podrobně popsány v práci **Andel07empty citation** $\square$

Věta 1 ukazuje použití prostředí pro sazbu matematické věty bez titulku, lemma 2 ukazuje použití prostředí pro sazbu matematické věty s titulkem. Lemmata byla zavedena v hlavním souboru tak, že sdílejí číslování s větami.

2 Odkazy na literaturu

Při zpracování bibliografie (přehledu použitých zdrojů) se řídíme normou ISO 690 a zvyklostmi oboru. V LaTeXu nám pomohou balíčky biblatex, biblatex-iso690. Zdroje definujeme v souboru `literatura.bib` a pak se na ně v textu práce odkazujeme pomocí makra `\cite`. Tím vznikne odkaz v textu a odpovídající položka v seznamu literatury.

V matematickém textu obvykle odkazy sázíme ve tvaru „Jméno autora/autorů [číslo odkazu]“, případně „Jméno autora/autorů (rok vydání)“. V českém/slovenském textu je potřeba se navíc vypořádat s nutností skloňovat jméno autora, respektive přechylovat jméno autorky. K doplňování jmen se hodí příkazy `\citet`, `\citep` z balíčku natbib, ale je třeba mít na paměti, že produkují referenci se jménem autora/autorů v prvním pádě a jména autorek jsou nepřechýlena.

Jména časopisů lze uvádět zkráceně, ale pouze v kodifikované podobě.

Při citování je třeba se vyhnout neověřitelným, nedohledatelným a nestálým zdrojům. Doporučuje se pokud možno necitovat osobní sdělení, náhodně nalezené webové stránky, poznámky k přednáškám apod. Citování spolehlivých elektronických zdrojů (maji ISSN nebo DOI) a webových stránek oficiálních instituci je zcela v pořádku. Citujeme-li elektronické zdroje, je třeba uvést URL, na němž se zdroj nachází, a datum přístupu ke zdroji.

2.1 Několik ukázek

Aktuální verzi této šablony najdete v gitovém repozitáři [**ThesisTemplate**]. Také se může hodit prohlédnout si další návody udržované Martinem Marešem [**ThesisWeb**].

Mezi nejvíce citované statistické články patří práce Kaplana a Meiera a Coxe [**KaplanMeier58**, **Cox72**]. **Student08empty citation** napsal článek o t-testu.

Prof. Anděl je autorem učebnice matematické statistiky [**Andel98**]. Teorii odhadu se věnuje práce **LehmannCasella98empty citation**. V případě odkazů na specifickou informaci (definice, důkaz, ...) uvedenou v knize bývá užitečné uvést specificky číslo kapitoly, číslo věty atp. obsahující požadovanou informaci, např. viz **Andel07empty citation**.

Mnoho článků je výsledkem spolupráce celé řady osob. Při odkazování v textu na článek se třemi autory obvykle při prvním výskytu uvedeme plný seznam: **DempsterLairdRubin77empty citation** představili koncept EM algoritmu. Respektive: Koncept EM algoritmu byl představen v práci Dempstera, Lairdové a Rubina [**DempsterLairdRubin77**]. Při každém dalším výskytu již používáme zkrácenou verzi: **DempsterLairdRubin77empty citation** nabízejí též několik příkladů použití EM algoritmu. Respektive: Několik příkladů použití EM algoritmu lze nalézt též v práci Dempstera a kol. [**DempsterLairdRubin77**].

U článku s více než třemi autory odkazujeme vždy zkrácenou formou: První výsledky projektu ACCEPT jsou uvedeny v práci Genbergové a kol. [**Genberget08**]. V textu *nenapíšeme:* První výsledky projektu ACCEPT jsou uvedeny v práci **Genberget08empty citation**.

3 Tabulky, obrázky, programy

Používání tabulek a grafů v odborném textu má některá společná pravidla a některá specifická. Tabulky a grafy neuvádíme přímo do textu, ale umístíme je buď na samostatné stránky, nebo na vyhrazené místo v horní nebo dolní části běžných stránek. LaTeX se o umístění plovoucích grafů a tabulek postará automaticky.

Každý graf a tabulku očíslujeme a umístíme pod ně legendu. Legenda má popisovat obsah grafu či tabulky tak podrobně, aby jim čtenář rozuměl bez důkladného studování textu práce.

Na každou tabulku a graf musí být v textu odkaz pomocí jejich čísla. Na příslušném místě textu pak shrneme ty nejdůležitější závěry, které lze z tabulky či grafu učinit. Text by měl být čitelný a srozumitelný i bez prohlížení tabulek a grafů a tabulky a grafy by měly být srozumitelné i bez podrobné četby textu.

Na tabulky a grafy odkazujeme pokud možno nepřímo v průběhu běžného toku textu; místo *„Tabulka 3.1 ukazuje, že muži jsou v průměru o* 9,9 kg *těžší než ženy“* raději napíšeme *„Muži jsou o* 9,9 kg *těžší než ženy (viz Tabulka 3.1)“*.

3.1 Tabulky

U **tabulek** se doporučuje dodržovat následující pravidla:

- Vyhýbat se svislým linkám. Silnějšími vodorovnými linkami oddělit tabulku od okolního textu včetně legendy, slabšími vodorovnými linkami oddělovat záhlaví sloupců od těla tabulky a jednotlivé části tabulky mezi sebou. V LaTeXu tuto podobu tabulek implementuje balík `booktabs`. Chceme-li výrazněji oddělit některé sloupce od jiných, vložíme mezi ně větší mezeru.

- Neměnit typ, formát a význam obsahu políček v tomtéž sloupci (není dobré do téhož sloupce zapisovat tu průměr, onde procenta).

- Neopakovat tentýž obsah políček mnohokrát za sebou. Máme-li sloupec *Rozptyl*, který v prvních deseti řádcích obsahuje hodnotu 0,5 a v druhých deseti řádcích hodnotu 1,5, pak tento sloupec raději zrušíme a vyřešíme to jinak. Například můžeme tabulku rozdělit na dvě nebo do ní vložit popisné řádky, které informují o nějaké proměnné hodnotě opakující se v následujícím oddíle tabulky (např. *„Rozptyl* = 0,5 “ a níže *„Rozptyl* = 1,5 “).

Efekt	**Odhad**	**Směrod. chyba**[a]	**P-hodnota**
Abs. člen	−10,01	1,01	—
Pohlaví (muž)	9,89	5,98	0,098
Výška (cm)	0,78	0,12	< 0,001

Pozn: [a] Směrodatná chyba odhadu metodou Monte Carlo.

Tabulka 3.1 Maximálně věrohodné odhady v modelu M.

- Čísla v tabulce zarovnávat na desetinnou čárku.
- V tabulce je někdy potřebné používat zkratky, které se jinde nevyskytují. Tyto zkratky můžeme vysvětlit v legendě nebo v poznámkách pod tabulkou. Poznámky pod tabulkou můžeme využít i k podrobnějšímu vysvětlení významu některých sloupců nebo hodnot.

3.2 Obrázky

Dodejme ještě několik rad týkajících se obrázků a grafů.

- Graf by měl být vytvořen ve velikosti, v níž bude použit v práci. Zmenšení příliš velkého grafu vede ke špatné čitelnosti popisků.
- Osy grafu musí být řádně popsány ve stejném jazyce, v jakém je psána práce (absenci diakritiky lze tolerovat). Kreslíme-li graf hmotnosti proti výšce, nececháme na nich popisky `ht` a `wt`, ale osy popíšeme *Výška [cm]* a *Hmotnost [kg]*. Kreslíme-li graf funkce $h(x)$, popíšeme osy x a $h(x)$. Každá osa musí mít jasně určenou škálu.
- Chceme-li na dvourozměrném grafu vyznačit velké množství bodů, dáme pozor, aby se neslily do jednolité černé tmy. Je-li bodů mnoho, zmenšíme velikost symbolu, kterým je vykreslujeme, anebo vybereme jen malou část bodů, kterou do grafu zaneseme. Grafy, které obsahují tisíce bodů, dělají problémy hlavně v elektronických dokumentech, protože výrazně zvětšují velikost souborů.
- Budeme-li práci tisknout černobíle, vyhneme se používání barev. Čáry rozlišujeme typem (plná, tečkovaná, čerchovaná,...), plochy dostatečně rozdílnými intensitami šedé nebo šrafováním. Význam jednotlivých typů čar a ploch vysvětlíme buď v textové legendě ke grafu anebo v grafické legendě, která je přímo součástí obrázku.
- Vyhýbejte se bitmapovým obrázkům o nízkém rozlišení a zejména JPEGům (zuby a kompresní artefakty nevypadají na papíře pěkně). Lepší je vytvářet obrázky vektorově a vložit do textu jako PDF.

3.3 Programy

Algoritmy, výpisy programů a popis interakce s programy je vhodné odlišit od ostatního textu. Pro programy se hodí prostředí `lstlisting` z LaTeXového balíčku `listings`, které umí i syntakticky zvýrazňovat běžné programovací jazyky. Většinou ho chceme obalit prostředím `listing`, čímž z něj uděláme plovoucí objekt s popiskem (viz Program 1).

Pro algoritmy zapsané v pseudokódu můžeme použít prostředí `algorithmic` z balíčku `algpseudocode`. Plovoucí objekt z něj uděláme obalením prostředím `algorithm`. Příklad najdete v Algoritmu 1.

Program 1 Můj první program

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
  printf("Hello, world!\n");
  return 0;
}
```

Algoritmus 1 Primitivní pravděpodobnostní test prvočíselnosti. Pokud odpoví NE, číslo x určitě není prvočíslem. Pokud odpoví ANO, nejspíš se mýlí.

```
function IsPrime(x)
    r ← rovnoměrně náhodné celé číslo mezi 2 a x − 1
    z ← x mod r
    if z = 0 then
        Vrátíme NE                              ▷ Našli jsme dělitele
    else
        Vrátíme ANO                             ▷ Možná se mýlíme
    end if
end function
```

Další možností je použití LaTeXového balíčku `fancyvrb` (fancy verbatim), pomocí něhož je v souboru `makra.tex` nadefinováno prostředí `code`. Pomocí něho lze vytvořit např. následující ukázky.

V základním nastavení dostaneme:

```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```

Můžeme si říci o menší písmo:

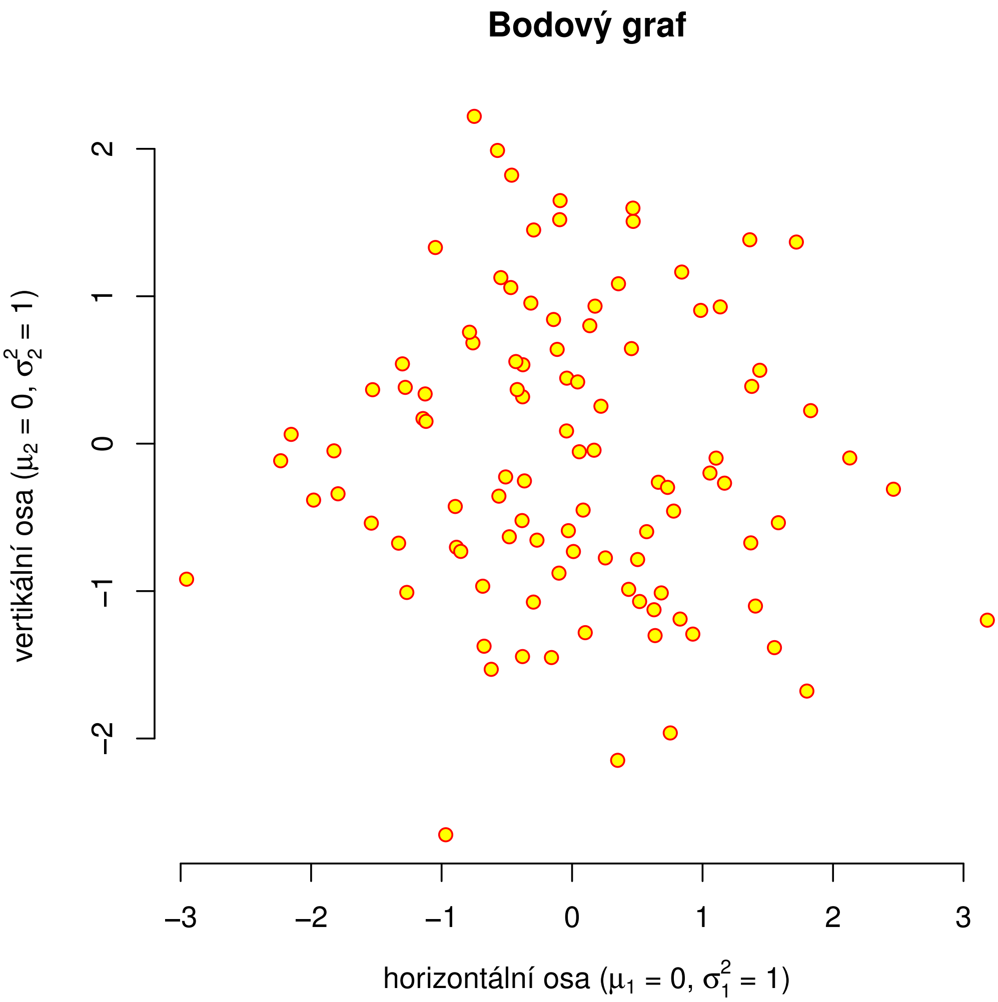
```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```

Nebo vypnout rámeček:

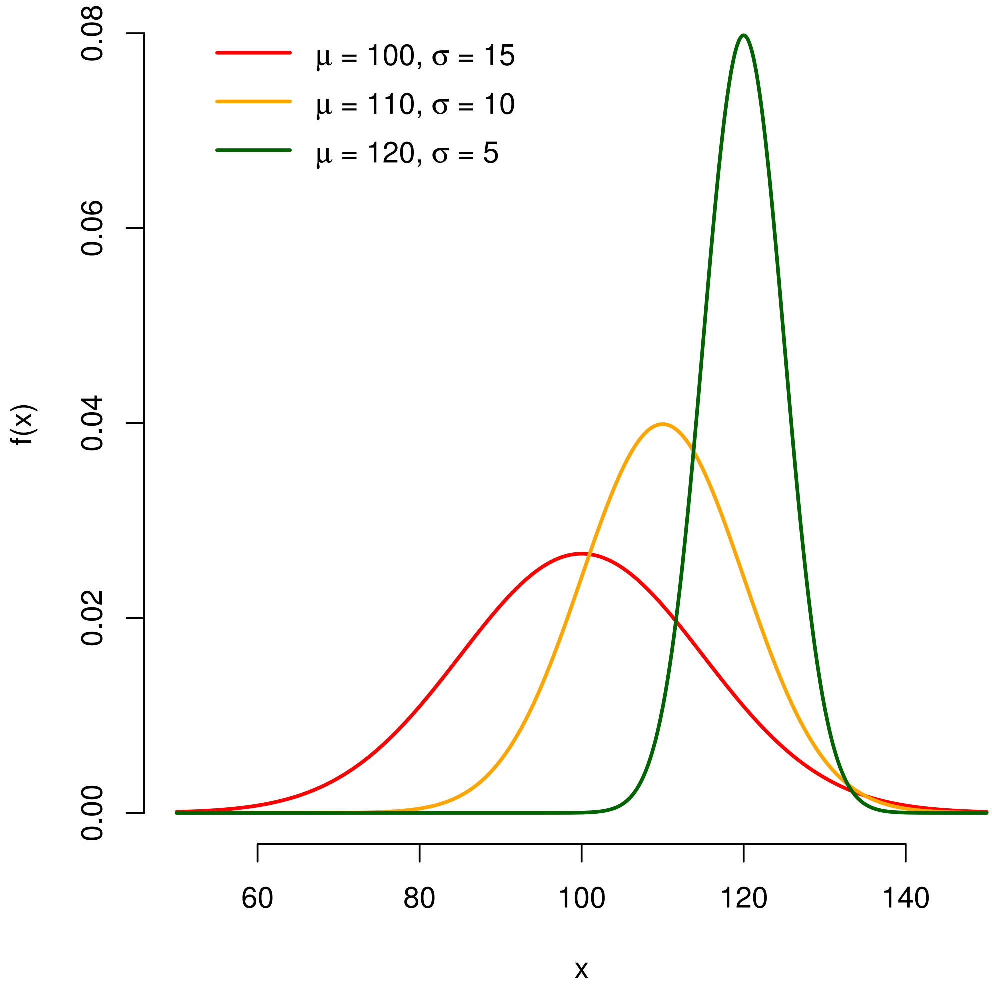
```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```

Případně si říci o užší rámeček:

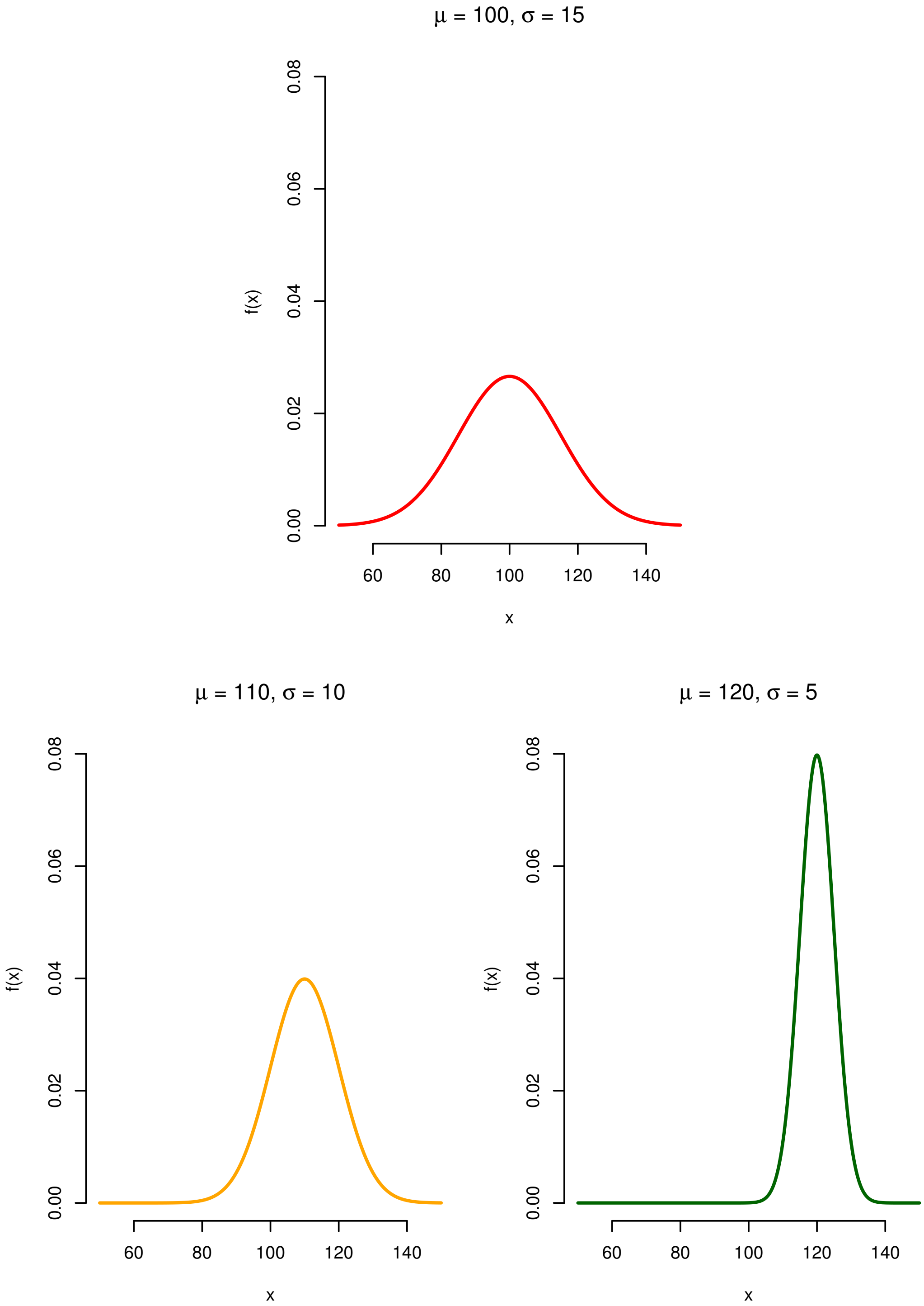
```
> mean(x)
[1] 158.90
> objekt$prumer
[1] 158.90
```



Obrázek 3.1 Náhodný výběr z rozdělení $\mathcal{N}_2(\mathbf{0}, I)$.



Obrázek 3.2 Hustoty několika normálních rozdělení.



Obrázek 3.3 Hustoty několika normálních rozdělení.

4 Formát PDF/A

Opatření rektora č. 13/2017 určuje, že elektronická podoba závěrečných prací musí být odevzdávána ve formátu PDF/A úrovně 1a nebo 2u. To jsou profily formátu PDF určující, jaké vlastnosti PDF je povoleno používat, aby byly dokumenty vhodné k dlouhodobé archivaci a dalšímu automatickému zpracování. Dále se budeme zabývat úrovní 2u, kterou sázíme TEXem.

Mezi nejdůležitější požadavky PDF/A-2u patří:

- Všechny fonty musí být zabudovány uvnitř dokumentu. Nejsou přípustné odkazy na externí fonty (ani na „systémové", jako je Helvetica nebo Times).
- Fonty musí obsahovat tabulku ToUnicode, která definuje převod z kódování znaků použitého uvnitř fontu do Unicode. Díky tomu je možné z dokumentu spolehlivě extrahovat text.
- Dokument musí obsahovat metadata ve formátu XMP a je-li barevný, pak také formální specifikaci barevného prostoru.

Tato šablona používá balíček `pdfx`, který umí LATEX nastavit tak, aby požadavky PDF/A splňoval. Metadata v XMP se generují automaticky podle informací v souboru `prace.xmpdata` (na vygenerovaný soubor se můžete podívat v `pdfa.xmpi`).

Validitu PDF/A můžete zkontrolovat pomocí nástroje VeraPDF, který je k dispozici na `https://verapdf.org/`.

Pokud soubor nebude validní, mezi obvyklé příčiny patří používání méně obvyklých fontů (které se vkládají pouze v bitmapové podobě a/nebo bez unicodových tabulek) a vkládání obrázků v PDF, které samy o sobě standard PDF/A nesplňují.

Další postřehy o práci s PDF/A najdete na `https://mj.ucw.cz/vyuka/bc/pdfaq.html`.

Závěr

Literatura

1. ANDERS, Markus; BRENNER, Sofia; RATTAN, Gaurav. satsuma: Structure-based Symmetry Breaking in SAT. *CoRR*. 2024, roč. abs/2406.13557. Dostupné z DOI: `10.48550/ARXIV.2406.13557`.
2. DEVRIENDT, Jo; BOGAERTS, Bart; BRUYNOOGHE, Maurice; DENECKER, Marc. Improved Static Symmetry Breaking for SAT. In: CREIGNOU, Nadia; LE BERRE, Daniel (ed.). *Theory and Applications of Satisfiability Testing – SAT 2016*. Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 104–122. ISBN 978-3-319-40970-2.
3. FLENER, Pierre; FRISCH, Alan; HNICH, Brahim; KIZILTAN, Zeynep; MIGUEL, Ian; PEARSON, Justin; WALSH, Toby. Breaking Row and Column Symmetries in Matrix Models. In: 2002. ISBN 978-3-540-44120-5. Dostupné z DOI: `10.1007/3-540-46135-3_31`.
4. GENT, Ian P.; PETRIE, Karen E.; PUGET, Jean-François. Symmetry in Constraint Programming. In: ROSSI, Francesca; BEEK, Peter van; WALSH, Toby (ed.). *Handbook of Constraint Programming*. Elsevier, 2006, sv. 2, s. 329–376. Foundations of Artificial Intelligence. Dostupné z DOI: `10.1016/S1574-6526(06)80014-3`.
5. CODISH, Michael; JANOTA, Mikoláš. *Breaking Symmetries from a Set-Covering Perspective*. 2025. Dostupné z arXiv: `2502.10056 [cs.LO]`.
6. SILVA, João; LYNCE, Inês; MALIK, Sharad. Conflict-Driven Clause Learning SAT Solvers. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 2009, roč. 185. Dostupné z DOI: `10.3233/978-1-58603-929-5-131`.

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam použitých zkratek

A Přílohy

A.1 První příloha