

# Posudek oponenta diplomové práce

**Název práce:** Třídy Booleovských formulí s efektivně řešitelným SATem

**Diplomant:** Václav Vlček

**Oponent:** RNDr. Petr Kučera, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá třídami booleovských formulí a funkcí, pro něž je problém splnitelnosti řešitelný v polynomiálním čase. Jmenovitě se práce věnuje třídám kvadratických formulí, balanced, matched, hornovských a skrytě hornovských formulí, rozšířených a skrytě rozšířených hornovských formulí, třídě SLUR,  $q$ -hornovským formulím a formulím definovaným pomocí lineárních autarkii. Kromě vzájemného vztahu těchto tříd vzhledem k inkluzi, se práce věnuje tomu, zda jsou jmenované třídy uzavřené na některé základní operace nad konjunktivně normálními formami, jež jsou použity pro reprezentaci booleovských formulí v této práci. Jde o operace částečného dosazení, odstranění literálu či klauzule, negování literálu nebo proměnné, spojení (konjunkce či sjednocení) formulí. U každé třídy jsou navíc shrnuty již známé výsledky.

Práce je strukturovaná následovně. Po úvodu jsou ve druhé sekci zavedeny obecné pojmy, které jsou v textu používány, následují dvě sekce, tedy třetí a čtvrtá, v nichž se diplomant věnuje jednotlivým třídám. Struktura je dobře navržena i přehledná, ačkoli není úplně jasné, jak došlo k rozdělení jednotlivých tříd do třetí sekce, kde jsou známé třídy s polynomiálně řešitelným SATem, a do čtvrté sekce, kde jsou pokročilejší třídy s polynomiálně řešitelným SATem. Osobně bych třídu skrytě rozšířených hornovských formulí (hidden extended Horn) považoval za stejně pokročilou jako třídu  $q$ -hornovských formulí, což je však celkem nepodstatné, k dělení nejspíš došlo v souvislosti s tím, ke kterým třídám bylo přidáno nejvíce původních výsledků a názvy sekcí nejsou v tomto případě příliš rozhodující. Myslím si také, že podsekce 4.4, tedy shrnutí vlastností vztahů vzhledem k inkluzi, mělo tvořit spíše zvláštní sekci, a to spolu se závěrem, který jinak práci chybí.

Kromě shrnutí již známých výsledků obsahuje práce i některé nové výsledky, jedná se zejména o vlastnosti tříd vzhledem k uzavřenosti na zmíněné operace, a také o zobecnění třídy SLUR. Důkazy známých i nových výsledků jsou psány přehledně a srozumitelně. Myslím také, že tyto výsledky jsou pro diplomovou práci dostatečné. K obsahové stránce třetí a čtvrté sekce, které se věnují samotným třídám, nemám proto větší připomínky.

Ke druhé sekci, kde jsou zaváděny základní pojmy, bych měl dvě poznámky. Předně si myslím, že část, která se věnuje definici tříd  $P$  a  $NP$ , je až příliš detailní, podle mého názoru nebylo třeba zatěžovat čtenáře či čtenářku definicemi Turingova stroje a nedeterministického Turingova stroje. Bývalo by stačilo podat definici třídy  $P$  jen s pojmem „polynomiální algoritmus“ spolu s odkazem do literatury, kde může čtenářka či čtenář najít formální definici. Podobně u třídy  $NP$  by bylo možno si vystačit s definicí pomocí certifikátů, která je stejně v práci uvedena, a nebylo nutné zavádět nedeterministický Turingův stroj. Turingovy stroje se z pochopitelných důvodů dále v práci nijak nevyužívají a jde o zbytečnou komplikaci ve chvíli, kdy lze u čtenáře či čtenářky předpokládat, že bude znát alespoň intuitivní význam toho, co znamená polynomiální algoritmus. Zajímavé je, že vzápětí po definicích tříd  $P$  a  $NP$  pomocí Turingových strojů prohlásí autor, že složitost algoritmů budeme měřit ve standardním modelu RAM, o kterém se diplomant nijak nerozepisuje, což ani není třeba, ačkoli přímo u zmínky o stroji RAM by se slušelo uvést odkaz do literatury, kde čtenářka či čtenář najde v případě zájmu další detaily.

- V důkazu tvrzení 2.2.8 (s. 13, ř. 2) je použito faktu, že prázdná klauzule má vždy hodnotu 0, definice hodnoty prázdné klauzule a prázdné CNF však v úvodu chybí.
- Třetí odstavec důkazu tvrzení 3.2.12 zřejmě ukazuje, že třída *balanced* formulí není uzavřena na odebrání literálu, což v něm mohlo být uvedeno.
- Na straně 23, druhé řádce zdola, je věta uvozená pomocí: „Jako protipříklad na neuzavřenost ...“ V českém jazyku se dvojitý zápor vyruší, tedy toto by bylo lze si vyložit jako „příklad na uzavřenost“, což samozřejmě není to, co bylo touto větou míněno. Lépe by snad bylo napsat: „Jako příklad toho, že třída *Matched* není uzavřená na odebrání literálu ...“.
- s. 24, ř. 14: „...stok za všechny vrcholy odpovídající proměnným.“ Místo tohoto asi myslíte, že přidáte nový vrchol jako stok, do kterého povedou hrany ze všech vrcholů odpovídajících proměnným.
- s. 24, ř. -5: Uvedená klauzule by asi měla obsahovat nějaké negace.
- Myslím, že algoritmus 5 nebylo třeba zvlášť uvádět, protože jak sám uvádíte na straně 25 dole, lze jej chápat jako zavolání procedury *unitprop* a ohodnocení zbylých proměnných nulou.
- Místo pojmu jako „dříve uvedený algoritmus“ (s. 26, ř. 6 textu) či „předchozího lemmatu“ (s. 27, ř. 6) je lépe uvést vždy i číslo lemmatu či algoritmu, na který se odkazujete. Zde je ještě jasné, co míníte, ale například napíšete-li pouze „použitím lemmatu“ (s. 27, předposlední řádek důkazu věty 3.4.10), nebo „citovaném tvrzení“ (s. 38, ř. -8), už se musí čtenářka či čtenář zamyslet, aby pochopil, co myslíte.
- Podobně není vhodné začít poslední odstavec na straně 31 odkazem na algoritmus bez použití jeho čísla ve chvíli, kdy díky použití prostředí *float* skončí algoritmus až na následující straně a čtenář či čtenářka tedy nemá tušení, o jaký algoritmus se jedná, natož co by měl dělat. Nadpis algoritmu 6 je navíc neúplný, zřejmě by mělo jít o: „Algoritmus pro testování splnitelnosti HEH formule.“
- Definice množiny  $B$  na řádce 11 algoritmu 8 by šla zapsat i bez použití tolika složených závorek. Stačilo by použít logických spojek místo množinového zápisu CNF. Je v pořádku k CNF přistupovat jako k množině klauzulí, ale pro zápis CNF je množinový tvar poněkud nepřehledný.
- Konečně písmeno „v“ se na konec slov jako „ačkoli“ či „jakoukoli“ přidává v jazyce spíše hovorém. V psaném jazyce je lépe použít kratších forem bez „v“. (To se týká druhé řádky třetího bodu důkazu na straně 38.)