

Posudek diplomové práce

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Autor práce Bc. Marek Zelený
Název práce Effective implementation of DP elimination
Rok odevzdání 2024
Studijní program Informatika **Studijní obor** Umělá inteligence

Autor posudku RNDr. Petr Kučera, Ph.D. **Role** vedoucí
Pracoviště Katedra teoretické informatiky a matematické logiky

Text posudku:

Cílem práce byla implementace metody Davisovy-Putnamovy eliminace (DP eliminace). Jde o způsob eliminace existenčně kvantifikované proměnné z formule v konjunktivní normální formě (KNF), který je založený na DP rezoluci. Tento postup byl jedním z prvních, který byl použit pro řešení problému splnitelnosti formulí v KNF (SAT), ale záhy se ukázalo, že pro tento účel je nevhodný, protože ačkoli jeden krok DP rezoluce (tedy eliminace jedné proměnné) lze provést v polynomiálním čase, opakováním tohoto kroku pro eliminaci více proměnných roste podstatně velikost formule a tedy i paměťová náročnost. Přesto se DP eliminace v některých případech stále používá, a to i v rámci SAT řešičů, v situaci, kdy je možné eliminovat proměnnou bez nárůstu velikosti formule. Další možnou aplikací je eliminace proměnných, které byly přidány jako pomocné při zakódování problému do KNF, například v rámci Tseitinova kódování obvodů. Specifickou aplikací, která byla i jednou z hlavních motivací pro řešení práce je pak možná konstrukce formule s vhodnými vlastnostmi vzhledem k jednotkové propagaci postupem, kdy se nejprve KNF formule přeloží do obvodu typu DNNF (decomposable negation normal form), poté se tento obvod zakóduje vhodným způsobem do KNF a na závěr dojde k eliminaci pomocných proměnných. Vzhledem k možnému nárůstu velikosti formule při eliminaci více proměnných, byl v zadání práce kladen důraz na efektivitu implementace tohoto postupu a použití efektivních datových struktur pro reprezentaci formule v KNF. Pro tento účel byly již dříve použity ZBDD. Dalším důležitým prvkem, na nějž se měla práce zaměřit bylo průběžné prořezávání formule a odstraňování neúčinných (absorbovaných) klauzulí. Součástí zadání byl také návrh heuristiky pro výběr pořadí proměnných k eliminaci, neboť to může mít na průběžnou velikost formule velký vliv.

Práce podle mého názoru toto zadání splnila, řešitel si dal na implementaci záležet a věnoval velké úsilí jak efektivitě, tak ověření korektnosti výsledného programu. Je potřeba zmínit, že knihovna Sylvan, zvolená pro manipulaci se ZBDD, nenabízela některé funkce potřebné pro algoritmy v práci použité, řešitel tak přistoupil i k úpravám této knihovny, aby vyhovovala požá-

dvakrát algoritmu DP eliminace. Vše je podle mého názoru dobře popsáno v textu práce, psaném velmi dobrou angličtinou. Z experimentů provedených v rámci práce vyplynulo několik závěrů, které jsou zajímavé. Ukázalo se, že pro samotnou manipulaci s formulí v rámci implementace jsou ZBDD velmi efektivní. Jistým úzkým hrdlem je naopak eliminace absorbovaných klauzulí, nicméně tento krok je podstatný pro celkový postup, protože bez něj je nárůst velikosti formule extrémní. Samotnou absorpci je nutné provádět jednotkovou propagací, pro tento účel se ZBDD ukázaly jako nevhodné a bylo potřeba použít klasický postup pomocí watched literálů.

Knihovna Sylvan bohužel nenabízí možnost dynamické úpravy pořadí proměnných v ZBDD a nenabízí ani žádné algoritmy pro určení vhodného pořadí proměnných. V rámci práce již nebyl prostor tuto funkčnost ke knihovně přidat. Toto není podstatné pro samotnou efektivitu implementace z toho hlediska, že manipulace se ZBDD je velmi efektivní a jejím zefektivněním by tedy nedošlo k podstatnému zrychlení celého programu. Na druhou stranu by však pořadí v ZBDD mohlo nabídnout další možnost heuristiky pro výběr další proměnné k eliminaci, změření efektivit heuristiky založené na pořadí vhodném pro reprezentaci v ZBDD tak zůstává otázkou pro další výzkum.

Celkově považuji práci za zdařilou a doporučuji ji k obhajobě.

Práci doporučuji k obhajobě.

Práci nenavrhuji na zvláštní ocenění.

V Praze dne 30. 8. 2024

Podpis: