

Posudek vedoucího diplomové práce

Název: Inference of State Invariants for Domain-Independent Planning

Řešitel: Bc. Daniel Fišer

Vedoucí práce: Ing. Antonín Komenda, Ph.D. (Katedra počítačů, 13136)

Diplomová práce Daniela Fišera zavádí novou třídu stavových invariantů pro podoblast symbolické umělé inteligence, konkrétně automatizovaného plánování. Daná třída stavových invariantů (pojmenovaných jako fakty alternující mutexy) je formálně definována a analyzována z pohledu složitosti. Pro inferenci (generování) mutexů v dané třídě jsou navrženy a implementovány nové algoritmy, které jsou zanalyzovány z pohledu korektnosti a úplnosti. Dané algoritmy byly implementovány do existujícího plánovače a porovnány na standardních benchmarcích s existujícími metodami pro inferenci standardních stavových invariantů.

Práce je rozdělena do pěti hlavních kapitol. První obsahuje úvod do problematiky vč. vhodných referencí na publikace, ze kterých navržené techniky vychází. Druhá kapitola shrnuje relevantní literaturu v oblasti inference invariantů a popisuje příbuzné techniky, které se aktuálně využívají v plánovačích. Třetí kapitola formálně definuje navržené třídy fakt alternujících invariantů, jejich vztahy a vztahy s existující klasifikací. Dále formálně dokazuje, že nalezení maximálních fakt alternujících mutexů spadá do třídy NP-úplných problémů a že nalezení obecných maximálních mutexů je stejně těžké jako plánování samo (třída PSPACE-úplné problémy). Kapitola je uzavřena popisem navržených algoritmů pro inferenci invariantů v daných třídách a důkazy jejich vlastností (korektnost, úplnost). Předposlední kapitola prezentuje výsledky experimentálního porovnání navržených algoritmů z pohledu párových a obecných mutexů a v rámci překladu plánovacích problémů do reprezentace konečných domén (FDR). Experimentální výsledky jsou diskutovány vč. možného navazujícího výzkumu. Práce končí závěrem.

Inference invariantů je nedílnou a důležitou součástí dnešních automatizovaných plánovacích systémů, nicméně většina existujících technik není úplná a používá speciální implementace. Student nejprve vhodně omezil třídu invariantů, pro kterou dokázal, že není těžší než plánování samo. Navíc pro fakt alternující mutexy elegantně dokázal převodem na problém maximálních klik jejich NP-úplnost. Inferenci invariantů poté algoritmicky vyřešil převodem na problém Integer Linear Programming (ILP) a vlastní implementací pro jednu z podtříd. Převod na ILP se experimentálně ukázal jako velmi vhodný z důvodu již existujících efektivních ILP solverů. Vlastní implementace na omezenou třídu fakt alternujících invariantů se ukázala jako méně efektivní, nicméně vhodná pro doplnění existujících metod, vzhledem k ortogonalitě nalezených invariantů vůči běžně používané metodě v plánovači FastDownward.

V experimentální části práce student ukazuje, že jeho metoda se počtem nalezených invariantů těsně blíží k množině invariantů nalezených metodou h^2 (s výjimkou domény *tetris*), která je aktuálně považována za nejlepší heuristickou metodu. Studentova metoda pomocí předu na ILP je nicméně o řád rychlejší, což lze považovat za vynikající praktický výsledek.

Přínos a praktické použití výsledků studentovi práce je možné zejména v navazujícím výzkumu inference invariantů a jejich použití pro zvyšování efektivity automatizovaných plánovačů. Student aktuálně připravuje časopiseckou publikaci, která bude vycházet z výsledků jeho diplomové práce. Daná publikace bude navíc

obsahovat experimentální porovnání různých metod inference invariantů v kontextu nejen vlastního generování, ale i zbytku plánovacího procesu. Jako jedinou menší výtku k celé práci bych měl neexistenci alespoň předběžných výsledků v tomto směru, nicméně provedení takových algoritmů podobně důsledně a důkladně jako zbytek studentovy práce je bez diskuze mimo požadovaný rozsah práce.

Po formální stránce je práce výborně zvládnutá a míra gramatických chyb, překlepů a jiných nedokonalostí je prakticky nulová. Struktura a tok textu jsou vhodně volené. Zadání práce bylo splněno ve všech bodech.

Student v průběhu práce velmi důsledně dbal rad vedoucího práce a pracoval samostatně a s velmi dobrou vlastní organizací mezivýsledků a práce na vlastním textu práce. Vedle inženýrské implementační části, práce obsahuje i vysoce kvalitní teoretickou část, která je na úrovni předního výzkumu v dané oblasti. Diplomová práce je psaná anglicky, což zvyšuje možnost jejího použití v rámci další publikační činnosti.

Práce **splňuje požadavky kladené na diplomovou práci** a jde o práci nadprůměrné kvality, proto ji navrhuji ohodnotit stupněm **výborně (A)**.

K práci mám následující otázky:

1. Jak by bylo možné odvozené invarianty použít v rámci následného plánování jinak než při převodu do reprezentace konečných domén (FDR)?
2. Vlastní implementace pro inferenci rfa invariantů byla méně efektivnější než převod na ILP pro fa invarianty. Vysvětlíte proč tomu tak bylo a jak by bylo možné implementaci upravit, aby se její efektivita zlepšila.

V Praze, dne 6.6.2016

Ing. Antonín Komenda, Ph.D.