

Posudek vedoucího diplomové práce

Jméno a příjmení autora posudku: Vladimír Duša

Jméno a příjmení autora práce: Marek Vlk

Název práce: Dynamic Scheduling

Text posudku

Cílem práce bylo nalézt algoritmus řešící opravu již existujícího rozvrhu po změně podmínek (výpadek zdroje, přidání nového zdroje, odebrání aktivit z rozvrhu, přidání aktivit do rozvrhu). Cílem je nalézt takový rozvrh, který se co nejméně liší od rozvrhu původního. Z praxe mohu potvrdit, že tento požadavek bývá jeden z nejdůležitějších, proto má dané téma šanci na reálné využití.

V první kapitole jsou prodiskutovány možné strategie, taktiky a metody oprav rozvrhů. V následujícím textu jsou uvažovány metody používané pro řešení podobných problémů – heuristické metody, AI přístupy a další. Pro řešení zadaného problému byly nakonec zvoleny metody z oblasti splňování podmínek, konkrétně prohledávání stavového prostoru s pomocí backtrackingu, backjumpingu, backmarkingu a conflict-directed backjumpingu a backmarkingu, které jsou podrobněji představeny na začátku třetí kapitoly. Následující část vysvětluje problematiku a vlastnosti Simple Temporal Networks, pomocí kterých lze modelovat návaznosti aktivit v rozvrhu. Například jedna aktivita nesmí být spuštěna dříve nebo ne později než jsou dokončeny jiné aktivity (se zvoleným odstupem, který může být i negativní).

Ve čtvrté části je problém nejprve neformálně popsán a poté i formálně definován. V této části bych vytkl několik kosmetických vad: Na straně 18 není jasné z jakého oboru jsou $\text{Start}(A)$, $\text{End}(A)$ a $\text{Duration}(A)$ – z textu lze vytušit že se jedná o celá čísla. Na straně 19 je uvedeno, že ke každé aktivitě je nutné zvolit zdroj který ji bude vykonávat. Doporučoval bych více matematický zápis $\forall A \in \text{Activities} \exists R \in \text{Resource}(A) \in \text{Resources}$. Na straně 21 je uveden hot order arrival jako δ^+ obsahující množinu nových aktivit. Předpokládám, že do rozvrhu se aktivity vkládají i s temporálními omezeními? Kvalita opraveného rozvrhu je v práci sledována dle třech hledisek. Vždy se jedná o porovnání opraveného rozvrhu s rozvrhem původním: a) celková suma změn startů aktivit, b) počet posunutých aktivit, c) maximální změna startu aktivity.

Pátá kapitola se zabývá případem "machine breakdown", kdy z rozvrhu vypadne v čase 0 jeden zdroj (v závěru práce je pak ukázán přístup, kdy zdroj vypadne v libovolném čase na to i na pouze určitou dobu - viz machine repair). Nejdříve je uveden důkaz NP-úplnosti této úlohy pomocí "independent set problem". V tomto důkazu bych doporučil pouze na straně 23 jako první odrážku zopakovat proměnné: *Let us have independent set problem with $G = (V, E)$, where*

$V = \{v_1, \dots, v_n\}$, $k \leq n$. V dalších odrážkách se hovoří o *precedence constraints* - myslím, že by zde správně mělo stát *temporal constraints*.

Vzhledem k tomu, že problém spadá do třídy NP-úplných úloh, byly pro jeho řešení zvoleny postupy uvedené v druhé a třetí kapitole. Prvním navrženým algoritmem je *Right Shift Affected*, jehož cílem je posunout v rozvrhu co nejmenší počet aktivit. V první fázi jsou starty aktivit opraveny tak, aby zdroje nebyly přetíženy a v druhé fázi opravuje algoritmus temporální podmínky. Vzhledem k tomu, že tento algoritmus může způsobit příliš velký posun jedné nebo více aktivit, je jeho praktické využití problematické. Proto je v práci navržen další algoritmus STN-Recovery, který se snaží oproti *Right Shift Affected* nalézt řešení zkoušením více kombinací přiřazení zdrojů a prohledá tak větší prostor řešení. Na straně 32 dole je uvedeno. . . *the algorithm picks the resource with the lowest usage, which is the sum of the durations. . .* - pokud je zdroj značně vytížen v jiné části rozvrhu, ale v okolí opravované aktivity nikoliv, možná by stálo za otestování, zda by se nevyplatilo vzít sumu délek aktivit pouze z nějaké oblasti v okolí opravované aktivity. Tento přístup by mohl mít větší šanci zvolit zdroj, který je pro danou aktivitu nekonfliktní i přesto, že v jiných částech rozvrhu je velmi vytížen. Na straně 39 v odstavci *Resource conflicts* stojí: *The answer is, the activity that has been the least recently allocated. . .* - Nenalezl jsem zdůvodnění tohoto tvrzení. V závěru páté kapitoly jsou ukázány postupy pro opravy rozvrhů s *machine breakdown with arbitrary resource groups* (doposud byly předpokládány *equivalent resource groups*) a *machine breakdown* v libovolném čase. Na straně 47 úplně dole má pravděpodobně stát $\text{Pinned}(A_1) = \text{Pinned}(A_2) = \text{false}$?

Šestá kapitola se zabývá opravou rozvrhů s dalšími druhy poškození jako jsou *hot order arrival*, *order cancellation*. Nápad pro řešení *order cancellation* shledávám velmi povedeným.

Kvalita a rychlost algoritmů je demonstrována především řadou praktických testů na náhodně generovaných datech. V práci jsem našel z mého pohledu pouze kosmetické vady uvedené výše. Jistě by prospěl formální rozbor algoritmů, především důkaz jejich konečnosti a úplnosti, což může být zajímavým předmětem dalšího studia. Práce je psána v anglickém jazyce, výjimečně se vyskytují gramatické chyby a krkolomné obraty. Z řady odkazů v textu je patrné, že celé práci předcházela důkladná rešerše. Celé téma je velmi dobře zpracované, především struktura celé práce a její čitelnost – i přes složitost tématu čtenář dostává informace postupně a nikde netápe.

Doporučení k obhajobě

Z výše uvedených důvodů práci *doporučuji* k obhajobě.

Soutěž studentských prací

Vynikající práce vhodná soutěže studentských prací: **ANO**.

V Praze dne 15. 5. 2014

Podpis: