

Posudek diplomové práce

Název: Algorithms for Energy-Aware Production Scheduling
with Power-Saving Modes
Autor: Ondřej Benedikt
Vedoucí: Doc. Ing. Přemysl Šůcha, Ph.D.

Obsah práce

Cílem práce je vývoj optimalizačních algoritmů na rozvrhování množiny úkolů mezi množinu identických strojů při minimalizaci celkové spotřeby energie. Každý stroj má několik pracovních módů (např. vypnuto, plný výkon, standby), které se liší spotřebou energie a schopností zpracovávat úkoly.

První kapitola podává praktickou motivaci úlohy s cílem dokázat, že úloha je relevantní v některých průmyslových provozech. Dále je zde přehled relevantní literatury.

Druhá kapitola definuje úlohu formálně a podotýká, že je NP-těžká. Dále představuje některé dekompoziční metody řešení LP (Dantzig-Wolfe a lagrangeovskou) a z prvé plynoucí metodu branch-and-price na řešení MILP. V kapitole je dále stručně popsáno programování s omezujícími podmínkami (constraint programming, CP).

Třetí kapitola formuluje úlohu jako MILP a poté ji dekomponuje ve smyslu branch-and-price. Totéž se dělá pro CP.

Čtvrtá kapitola popisuje experimentální studii navržených metod na synteticky generovaných instancích problému. Porovnány jsou globální (tj. nedekomponovaná) MILP, globální CP, dekomponovaná MILP a dekomponovaná CP formulace. Vše řešeno v Gurobi příp. ILOG. Pro instance různých velikostí (různé počty úkolů a strojů) a s různými parametry (vzorkovány s rozdělení s různými parametry) jsou hlášeny doby běhu optimalizátoru, příp. kvalita suboptima když se přesáhl časový limit. Dále pak některé statistiky algoritmu branch-and-price. Pro stroje se třemi pracovními módy (vypnuto, plný výkon, standby) bylo možné v době do několika minut hledat globální optima náhodných instancí pro cca 4 stroje a 15 úkolů. Formulace pomocí MILP byla výrazně rychlejší než pomocí CP. Byly provedeny i další experimenty, např. pro čtyři pracovní módy, či porovnání s implementací nejbližšího přístupu jiných autorů.

Poslední kapitola uzavírá práci a podotýká, co se nestihlo.

Kladné stránky práce

Cíle práce byly beze zbytku splněny.

Text je napsán velmi srozumitelně. Matematické formulace a značení jsou až na řídké výjimky dobře promyšlené. Struktura textu je logická. Práce se příjemně čte.

Po faktické stránce jsem v práci nenašel žádné odborné chyby. Text svědčí o tom, že autor se v relevantních částech matematiky pohybuje s jistotou.

Experimenty jsou provedeny pečlivě a v dostatečném rozsahu.

Text je napsán téměř bezchybnou (pokud dovedu soudit) angličtinou a vysázen v L^AT_EXu bez očividných typografických chyb.

Práce má nejen inženýrský, ale i výzkumný charakter. Mohla by sloužit jako prvním krok dlouhodobějšího výzkumného plánu.

Záporné stránky práce

Práce nemá významné záporné stránky.

Je možná trochu zklamáním, že optimalizační metoda trvá poměrně dlouho již pro poměrně malé instance. Zdá se mi nepravděpodobné, že by přístup byl rozšiřitelný (scalable) na výrazně větší instance. To ovšem student sám přiznává a zmiňuje potřebu dalšího výzkumu, konkrétně vývoje vhodných heuristik. Nad rámec zadání by proto bylo možná užitečné diskutovat aproximovatelnost řešeného problému (ne jen konstatovat jeho NP-obtížnost), protože pro výrazně větší instance bude nejspíše nutno se uchýlit k sub-optimálnímu řešení.

Zde jsou některé drobné nedostatky (není třeba na ně reagovat v prezentaci):

1. §2.2 (o složitosti problému): redukce na problém na Obr. 2.3 je nesrozumitelná a zbytečná. Místo toho by bylo lépe jasně citovat práci, která dokazuje NP-úplnost problému (nejen slajdy).
2. §2.3.2: Dekompoziční metody se primárně týkají LP, ne MILP.
3. Formule (2.5): Chybí rozměry matic a vektorů a vztah vektorů \mathbf{b} a \mathbf{b}_j .
4. V globálním MILP modelu se mi nelíbí velké konstanty K_1, K_2, K_3 . Ty často činí LP relaxaci málo těsnou. Jak moc jste se snažil nalézt formulaci bez nich?
5. §3.1.2: pojem polouzavřeného celočíselného intervalu je matoucí.
6. Z práce není příliš patrné, jak moc student experimentoval s různými formulacemi MILP/CP, než našel tu v práci popsanou. Možné alternativní formulace omezení nejsou příliš diskutovány. Je ovšem pravda, že ve vědeckých člancích toto také nebývá.
7. Formule (3.45)-(3.48): Použité značení je formálně nesprávné (i když srozumitelné). Je třeba prvky z \mathcal{R}^* použít jako indexy, např. psát $\sum_{p \in \mathcal{R}^*} c_p \alpha_p$.
8. Z textu není jasné, jak byl naprogramován dekomponovaný MILP model. Byla použita nějaká podpora Gurobi/CPLEX pro branch-and-price? Nebo byl algoritmus napsán v obecném programovacím jazyce, který volal Gurobi na řešení LP? Podobně (a ještě více) je mi nejasné, jak se řešil dekomponovaný CP model.
9. V §4.5.2 se říká, že hlavním důvodem použití metody branch-and-price bylo omezit symetrie dané formulace. Některé symetrie se ale dají rozbít i v globální MILP formulaci. Není tedy hlavním důvodem snížení paměťové a časové složitosti algoritmu?
10. Citování online zdrojů je třeba se vyhnout, pokud to jen jde.

Hodnocení

Práci hodnotím známkou A (výborně).

Tomáš Werner
31. května 2018