

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Optimal Scheduling in Railway Container Transport Optimization
Jméno autora:	Josef Zelinka
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Department of Computer Science
Oponent práce:	Ing. Ondřej Benedikt, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	ČEZ, a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
Zadání vyžaduje formulaci optimalizačního problému a návrh optimalizačního modelu, dále pak vyhodnocení výsledků, zejména pak škálovatelnosti přístupu, a rešerši literatury. Jako mírně komplikující vidím fakt, že data pochází z průmyslu a je třeba je zpracovat a pročistit a formulaci vytvořit na základě diskuze s průmyslovým partnerem.	

Splnění zadání	splněno
Student postupoval dle pokynů zadání a všechny body splnil. Jediné, co se zřejmě nezdařilo, je uvažovat penaltu za nerovnoměrné vytížení vlaků v kritériální funkci.	

Zvolený postup řešení	správný
Student dle zadání formuluje optimalizační problém v rámci formalismu programování s omezujícími podmínkami. Dále nad rámec zadání navrhuje alternativní model využívající celočíselné lineární programování. Oba modely porovnává a diskutuje výsledky.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
Student prokázal schopnost formulovat optimalizační problémy, jak v ILP, tak v CP formalismu. Dále také prokázal schopnosti pracovat s reálnými daty a poradit si s problémy s tím spojenými. To vše hodnotím pozitivně. Oceňuji také experimenty s ILP formulací (sekce 6.2, 6.3), které ukazují snahu o vylepšení formulace modelu.	
Na druhou stranu mi trochu chybí širší porovnání výsledků. V práci se porovnávají v zásadě jen navržené modely mezi sebou. Není zde nějaký referenční přístup. V části 5.5 je sice snaha porovnat řešení optimalizace s řešením od operátorů METRANSu, z další diskuze však plyne, že jednoduše porovnatelné to není (modely pracují na kratším časovém horizontu, apod.). Není ani jasné, zda operátoři neoptimalizují ve skutečnosti nějaké složitější kritérium (za složitějších omezení) než uvažují navržené optimalizační modely. V tomto kontextu si nejsem jistý, jak velký přínos mají výsledky pro samotný METRANS a zda jsou nějakým způsobem navržené modely přímo aplikovatelné.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
Práce je přehledně strukturována a psána, co mohu posoudit, dobrou angličtinou. Typograficky je na dobré úrovni. Drobné překlepy, které se místy objevují, nijak zásadně nezhoršují čitelnost.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
Student provádí celkem širokou rešerši literatury, navržené řešení však nijak přímo nenavazuje na ostatní citované práce. Student dochází k závěru, že studovaný problém a navržená metoda řešení přímo neodpovídají příbuzným problémům z vlakové domény. Finální ILP formulace kombinující toková omezení, kapacitní omezení a časová okna se však zdá relativně standardní. Uvítal bych širší diskuzi a srovnání s příbuznými problémy.	

Další komentáře a hodnocení	
Zde dále uvádím komentáře a postřehy pro autora práce, které není třeba procházet u samotné obhajoby:	

- Je pro mne trochu matoucí práce s penaltou p_i . Je součástí zadání, formálně se zdefiniuje z Sekci 4 v rámci definice problému. V samotném řešení se však neobjeví. Argumentem je, že její použití by vedlo ke zvětšení modelu. Není jasné, zda proběhl nějaký experiment, který ukázal, že uvažování dané penalty je pro ILP prohibivní, nebo proč vlastně se dále neuvažuje.
- V kontextu předchozího bodu mi není jasné, proč je celkový problém zdefinovaný tak, jak je. Zřejmě je zanedbána celá řada aspektů (přiřazování lokomotiv, routing samotných vagonů, čas nutný k překládání kontejnerů apod.). Myslel bych si, že pokud se většina kontejnerů odveze z přístavu někam do terminálů ve vnitrozemí, bude se pak muset řada prázdných vagonů dostat zase zpět. Jak moc je navržené řešení skutečně použitelné pro METRANS?
- Zdá se mi, že rozvrhování se striktními časovými okny není v praxi proveditelné. Pokud vlak nabere zpoždění, optimalizační model by se s tím měl umět vypořádat a vrátit nějaké přípustné řešení (např. minimalizující zpoždění).
- Zdá se mi, že pokud by se neuvažovala kapacitní omezení (a nebo by se uvažovaly jen kontejnery délky 1 či 2 – nikoliv obojí), problém by se možná dal převést na variantu min-cost flow. Práce nad časově-expandovaným grafem slotů g by pak mohla přinést inspiraci pro alternativní ILP model, kde by se možná dalo vynechat omezení (10)-(12).
- Text by se trochu zjednodušil a zpřehlednil, kdyby se konstanty p_t , p_d a l_g sjednotily do jedné konstanty p_g , která penalizuje použití slotu g .
- Nejsem si jistý, jestli omezení (11) a (12) ILP modelu fungují (resp. jsou zapsány správně). Pokud je kontejner přiřazen do více než jednoho slotu, $\sum_{g \in G} x_{c,g}$ bude > 1 . Pak záleží na definici $\psi_g(\alpha_c)$, která asi není nikde dodefinovaná a nebo jsem si nevšiml.
- V tabulkách Sekce 6 mi chybí „optimality gap“. Řešiče ILP typicky po optimalizaci poskytnou *bound* na kvalitu řešení. Při porovnávání exaktních přístupů je při dosažení časového limitu dobré vědět, jak daleko je vlastně dané řešení od optima. Celkově bych také uvítal nějakou ukázkou logu práce solveru na větších instancích – bylo by vidět, jak dopadá lineární relaxace (jestli je těsná), jak jsou vlastně výsledné modely velké a kolik zredukuje presolve, jak zabírají řezy apod.
- V Sekci 6.3 je navržen model $M + \mathcal{R}$, byla obdobná optimalizace použita i pro CP model?
- V Sekci 6.6 je porovnání stavby modelů. Nevím, proč nejsou zapsány časy pro všechny instance, ale jen pro některé. Dále není jasné, na jakém HW k experimentům došlo. Nakonec – stavba samotného modelu závisí i na zručnosti programátora a použitím API. Zejména u velkých instancí může být použití *for-cyklů* v kombinaci s API Pythonu prohibivní.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Student pracoval na prakticky motivovaném problému ve spolupráci s firmou METRANS. Postupoval dle zadání a navrhl optimalizační modely pro řešení problému transportu intermodálních kontejnerů.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Otázka k obhajobě:

- 1) Jaký byl *optimality gap* navržených přístupů na větších instancích?
- 2) Kolik prostoru mají operátoři METRANSu při jejich současné práci z hlediska času a jak velké „instance“ řeší? (Tj., je potřeba rozvrhovat např. jen 1 den nebo rovnou celý měsíc najednou, mají na to hodiny nebo dny...?) Jak byste v tomto kontextu popsal použitelnost a škálovatelnost navržených metod?
- 3) Při formulaci problému se uvažuje celá řada zjednodušení (*nerozvrhují se prázdné vagony, lokomotivy, kontejnery do vagonů, neuvažují se časy nutné pro překládání kontejnerů, neuvažuje se váha kontejnerů, potenciální zpoždění na železnici, kritérium je do značné míry zjednodušeno jen na cenu slotu + cenu za překládání, apod.*). Můžete shrnout, jakým způsobem METRANS využije dosažené výsledky a případně jaké věci by bylo třeba dodělat, aby mohl být obdobný přístup nasazen do jejich praxe?

Datum: 7.6.2024

Podpis:

