

## Posudek oponenta na diplomovou práci

### School Timetabling

Martina Všetický, studenta Matematicko-fyzikální fakulty UK

Předložená diplomová práce se zabývá problematikou tvorby rozvrhů pro jednu českou střední školu. Základní přístup k řešení problému představuje programování s omezujícími podmínkami. Výsledkem práce je algoritmické vytvoření rozvrhu pro jedno pololetí a jeho porovnání s ručně vytvořeným oficiálním rozvrhem.

První kapitola se zabývá terminologií a obecnou definicí problému školního rozvrhování. Použitá terminologie není úplně šťastná, zvláště termíny *class* (třída jako skupina studentů), *subject* (předmět), *grade* (ročník) a *lesson* (lekce) jsou v následujícím textu občas trochu matoucí. To je ale bohužel celkový problém současného výzkumu v oblasti školního či universitního rozvrhování (educational timetabling), kde zatím žádná dobře ustálená terminologie neexistuje.

Druhá kapitola popisuje samotný problém, který diplomant řešil. Problém je velmi dobře popsán jak slovně, tak formálně. Velkou výhodou je, že jde o reálný problém opravdové střední školy, který je popsán dostatečně důkladně na to, aby se výsledné řešení dalo v praxi použít. Trochu postrádám důraz na obecnost navrženého problému, aby jej šlo použít i pro jiné střední školy. Podrobnější porovnání s existujícími problémy (například s již v první kapitole zmiňovaným formátem pro archiv rozvrhovacích problémů XHSTT) by také nebylo na škodu.

Třetí kapitola obsahuje stručný popis algoritmů, které se používají na řešení rozvrhovacích problémů. Čtvrtá kapitola porovnává tři existující programy pro řešení těchto problémů, které jsou volně dostupné pod open source licencí. Dvě z těchto tří řešení jsou shledána nevyhovujícími či příliš časově nákladnými pro použití pro řešený rozvrhovací problém, třetím řešením se důkladněji zabývá šestá kapitola.

Pátá kapitola se zabývá sběrem dat a jejich reprezentací ve strojově čitelném formátu. Namísto existujících formátů je zvolen zcela nový formát. To sice umožňuje přímočařejší a jednodušší popis formátu, velkou nevýhodou ale je horší možnost sdílení datové sady, která byla vytvořena v rámci této práce, s výzkumnou komunitou.

Šestá kapitola popisuje aplikaci řešiče FET na rozvrhovací problém, který je popsán v této práci. Aplikace spočívá v konverzi dat do formátu, který používá FET, včetně mapování různých omezení a podmínek na primitiva, které FET umožňuje. Bohužel beze změn v samotném řešiči FET je jasné, že převod není úplně stoprocentní. Přechody mezi budovami, které v řešeném problému vyžadují volnou periodu pouze v jednom směru (jednotlivé periody začínají ve druhé budově o 10 minut později) jsou ve FETu modelovány s volnou periodou v obou směrech. Kompaktnost rozvrhu FET také řeší jinak než je v zadání problému.

Sedmá kapitola popisuje řešení pomocí rozvrhování s omezujícími podmínkami (CLP), konkrétně pomocí systému SICStus Prolog a jeho CLP(FD) knihovny. Trochu mě mrzelo, že ačkoliv pátá kapitola kladla důraz na použití volně dostupného řešení, řešení navržené v sedmé kapitole vyžaduje komerční produkt. Navržené řešení je přehledně popsáno. V textu je uvedeno, že jde o rozšíření modelu a řešiče z práce *Towards constraint-based school timetabling* od Michaela Marte (reference [38]), bohužel ale už chybí jasné vymezení toho, co je v této kapitole nové a co je převzato z této práce.

Osmá kapitola popisuje experimenty. Bohužel experimenty s řešičem FET se příliš nepodařily. Řešič byl schopen vyřešit pouze malou část problému (rozvrh pro 3 z celkového počtu 26 tříd). To naznačuje, že výsledný problém byl příliš omezený (například díky nutnosti volné periody při přechodu mezi budovami v obou směrech, nebo díky limitování počtu děr či přechodů pro danou

skupinu studentů). Na druhou stranu, experimenty s řešičem CLP jasně ukazují, že navržený algoritmus dokáže najít řešení, které splňuje všechny silné podmínky (hard constraints) a které je v počtu porušených slabých podmínek (soft constraints) porovnatelné s ručně vytvořeným řešením. Trochu mi zde ale chybělo podrobnější porovnání výsledného řešení s tím oficiálním (manuálně vytvořeným). To je škoda, protože získání dat a popis problému v popsané kvalitě zajisté zabralo spoustu času a vyjádření, zda-li by daná střední škola dokázala v budoucnu takové řešení použít, by bylo dobrým završením tohoto úsilí.

Práce má několik příloh, ve kterých se podrobně vysvětluje použitý datový formát a jeho převod na formát, který používá program FET. Součástí práce je i příložené CD, které obsahuje použitou datovou sadu, zdrojové kódy pro převod do programu FET a pro SICStus Prolog a data z jednotlivých experimentů. Zdrojové kódy jsou přehledně napsány a strukturovány, chybí jim ale podrobnější (inline) dokumentace.

Do budoucna by bylo určitě dobré publikovat datovou sadu v nějakém již existujícím formátu, například v XHSTT. I když by to znamenalo částečné zjednodušení problému nebo přidání podmínky do daného standardu, kterou současné řešiče ještě neumí. Přejezdy mezi budovami jsou v literatuře poměrně často zmiňovaným problémem, takže požadavek na rozšíření standardu o takovou podmínku není nereálný.

Celkově hodnotím tuto práci velmi pozitivně. Jako velkou výhodu vidím řešení reálného problému s v praxi použitelným výsledkem. Bohužel tato výhoda je i velkou nevýhodou, protože výsledný model i řešič je příliš specifický pro daný problém. Z hlediska existujícího výzkumu v oblasti školního rozvrhování tu trochu chybí návaznost na existující problémy a tedy i možnost srovnání výsledného řešení na jiných datech a pro jiné školy.

Otázky na obhajobu:

- Zkoušel jste kontaktovat autory porovnávaných tří řešení? Například v řešiči, který používá UniTime (jeden ze zmiňovaných ve čtvrté kapitole) by šel daný problém poměrně dobře namapovat do současného modelu pro universitní rozvrhování kurzů (course timetabling).
- Proč v experimentech vytváříte varianty problému náhodným odebíráním až 20 lekcí (lessons)? Nebylo by třeba lepší pro experimenty, které nerozvrhují všechny třídy (classes) vytvořit varianty problému náhodným výběrem těchto tříd?

Ve Zlíně 21. srpna 2013

RNDr. Ing. Tomáš Müller, Ph.D.  
Space Management & Academic Scheduling  
Purdue University

## **Hodnocení oponenta na diplomovou práci**

### **School Timetabling**

Martina Všetický, studenta Matematicko-fyzikální fakulty UK

Celkově považuji předloženou práci za kvalitní a výtky, které vůči ní mám, za spíše malé. Práce je jasným dokladem toho, že se diplomant zhostil zadaného úkolu velmi dobře a prokázal požadovanou odbornou úroveň. Vzhledem k celkové kvalitě doporučuji tuto práci uznat jako diplomovou a navrhuji ji ohodnotit známkou

**B (velmi dobře).**

Ve Zlíně 21. srpna 2013

RNDr. Ing. Tomáš Müller, Ph.D.  
Space Management & Academic Scheduling  
Purdue University