

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE  
Series B  
The Jan Perner Transport Faculty  
18 (2012)

**VĚDECKOVÝZKUMNÉ ZAMĚŘENÍ KATEDRY INFORMATIKY  
V DOPRAVĚ**

Josef VOLEK

Katedra informatiky v dopravě

Vědeckovýzkumné zaměření převážné části pedagogických pracovníků katedry informatiky v dopravě bylo formováno v průběhu řešení projektu institucionálního výzkumu MŠM 0021627505 – Teorie dopravních systémů, dílčího úkolu Aplikovaná informatika v dopravě, podúkolu Metodologie řešení úloh diskrétní optimalizace. Řešení projektu vycházelo a bylo realizováno ve 4 oblastech v rámci výzkumu dopravních systémů. V další části je uvedena a podrobněji charakterizovaná každá z uvedených 4 oblastí základního a aplikovaného výzkumu na katedře, včetně vybraných publikací:

**1. Optimalizace tvorby kompletů na dopravní síti**

(řešitelé - Ing. Karel Greiner, Ph.D., doc. Ing. Josef Volek, CSc.)

V této oblasti byla v uplynulém období provedena analýza stávajícího stavu problematiky zaměřené na síťovou technologii obecně a podrobněji na vlakotvorbu nákladní dopravy. Hlavním předmětem optimalizace ve vlakotvorbě je stanovení plánu tvorby průběžných a bilančních nákladních vlaků. Byly popsány dostupné metody řešení těchto úloh a porovnány jejich výhody a nevýhody. Progresivním řešením tvorby vlaků je použití časově kontinuální nebo časově diskrétní síťové technologie. Uvedené technologie jsou v literatuře dostatečně popsány, do doby řešení projektu však nebyly navrženy optimalizační metody jejich řešení.

Na základě analýzy bylo rozhodnuto řešit úlohu časově kontinuální síťové technologie v železniční nákladní dopravě. Jedná se o úlohu výběru množiny nákladních

vlaků, mezi nimiž lze realizovat časově nejvýhodnější pevný přechod vozů při respektování následujících okrajových podmínek:

- jízdní řád nákladních vlaků, plán vlakotvorby a směřování vozů nelze měnit,
- z celkového počtu odlivů každé relace lze vybrat maximálně stanovený počet odlivů, které budou součástí vybrané množiny nákladních vlaků,
- při přemístění vozu ze stanice odesílací do stanice určení prostřednictvím vybrané množiny nákladních vlaků musí být dodržena stanovená lhůta přemístění vozu,
- doba přechodu vozu z vlaku na vlak v dané stanici musí být větší nebo rovna stanovené minimální době.

Po verbální formulaci modelu byl sestaven matematický model založený na úloze celočíselného matematického programování. Navržený model reprezentující úlohu nelineárního programování obsahuje velký počet proměnných (cca 15 miliónů), proto k jeho realizaci nebylo přistoupeno. Místo toho byla řešitelem navržena sofistikovaná heuristická metoda popsaná formou vývojových diagramů a počítačově implementována. K ověření heuristické metody byl vyvinut program PEPŘ, který pracoval s reálnými daty bývalé společnosti Českých drah, a.s. Aplikace byla naprogramována v jazyce C++, disponuje standardním uživatelským rozhraním operačního systému Windows. Byly provedeny testy verifikace a validace aplikace. První test byl zaměřen na ověření správné reakce programu na změnu počtu odlivů relace, které mají tvořit množinu vlaků s pevným přechodem vozů při maximální lhůtě přemístění vozů. Při druhém testu byl počet odlivů relace maximální a měnila se lhůta přemístění vozu. Výsledky obou testů prokázaly správnou reakci programu na změnu vstupních parametrů a správný výběr množiny vlaků. Navržený algoritmus bylo možné též použít v aplikaci sloužící k hledání spojení v jízdním řádu vlaků nákladní dopravy, tedy k podobnému účelu, kterému slouží program IDOS v rámci osobní dopravy.

## **2. Návrh informačního systému pro objednávání tras vlaků dopravci do ročního jízdního řádu**

(řešitelé - Ing. Karel Greiner, Ph.D., doc. Ing. Josef Volek, CSc.)

V druhé oblasti výzkumu se řešitelé zabývali informačním systémem určeným k podávání žádostí o trasy vlaků jednotlivými dopravci v rámci České republiky. Byla provedena analýza požadavků na funkce systému a s tím související údajovou základnu. Byl navržen postup tvorby vlaku založený na jednotlivých fázích požadovaného vlaku (zadávaného dopravcem) a skutečného vlaku (zadávaného provozovatelem dráhy).

Řešení pokračovalo návrhem datového modelu v podobě ER diagramu a objektového modelu. Protože systém musí umožňovat práci více uživatelů nad centrální databází, řešitel navrhnul objektový model založený na třívrstvé architektuře: databázový server, aplikační server a klient. Aplikační server poskytuje rozhraní jednotlivým klientům a zajišťuje transformaci příkazů z tohoto rozhraní do SQL příkazů konkrétní databáze. Komunikace mezi klientem a aplikačním serverem je založena na posílání seznamu byznys entit a typu operací, které se s nimi mají provést. Informace o změnách v databázi

Josef Volek:

provedených jedním klientem jsou distribuovány ostatním klientům pomocí fronty událostí udržované aplikačním serverem pro každého aktivního klienta zvlášť. Klient si na pozadí v časových intervalech vybírá události o změnách ze své fronty na serveru a zpracovává je, čímž automaticky průběžně aktualizuje údaje zobrazované uživateli. Distribuovaná aplikace je založena na platformě .NET Framework a jejich technologiích Windows Forms, ADO.NET a .NET Remoting. Mezi nejdůležitější výsledky patří zejména návrh a implementace objektového modelu, založeného na třívrstvé architektuře: databázový server, aplikační server a klient. Aplikační server poskytuje rozhraní jednotlivým klientům a zajišťuje transformaci příkazů z tohoto rozhraní do SQL příkazů konkrétní databáze. Výsledky řešení popisované byly a jsou aktivně využívány Českými drahami, a.s.

### **Související publikace:**

- GREINER, K. Information System of Railway Undertakings Train Track Requirements. PROMET – Traffic & Transportation. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, 2011. ISSN 0353-5320.
- GREINER, K. Generating Train Calendar Texts. PROMET – Traffic & Transportation. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, 2013. ISSN 0353-5320.
- GREINER, K., VOLEK, J. Calculating Indicators of Rail Transport. In Proceedings of the International Conference on Automotive and Transportation Systems (ICAT'11). WSEAS Press. ISBN 978-1-61804-062-6.
- GREINER, K. Výpočet ukazatelů železniční dopravy v ročním jízdním řádu. Perner's Contacts [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011 [cit. 2011-12-11]. Dostupné z <<http://pernerscontacts.upce.cz/>>. ISSN 1801-674X.

### **3. Specifikace a návrh zobecněného modelu pro řešení lokačně-alokačních úloh**

(řešitelé - RNDr. František Machalík, Ing. Stanislav Machalík, Ph.D., Ing. Filip Vízner, Ph.D., doc. Ing. Josef Volek, CSc.)

Důležitou součástí teoretické části výzkumu a řešení problematiky ve 3. oblasti je klasifikace úloh rozmístění obslužných středisek na síti podle různých kritérií. Zvláštní pozornost byla a je věnována úlohám p-centra, p-mediánu, Set Covering Problem, Maximal Covering Location Problem, jejich modifikacím a možnostem praktického využití. Pozornost je věnována úlohám lokačně – alokačním, též úlohám pokryvným na sítích typu obyčejný graf. U úloh se zkoumají otázky výpočetní složitosti a časové náročnosti výpočtu exaktními a heuristickými metodami. Kromě exaktních metod typu úloh celočíselného lineárního programování, které jsou vhodné pro řešení výše zmiňovaných úloh menšího rozsahu se pozornost věnuje jednoduchým heuristickým metodám, ale i sofistikovaným heuristikám. Velkou výzvou a oblastí použití tvoří tzv. metaheuristické metody typu Simulated Annealing, Tabu Search, Ant Colony optimalizace nebo metody založené na principu genetických algoritmů. Součástí řešení je popis vícekritériálních modelů pro rozmísťování středisek s možnými nežádoucími účinky na životní prostředí. Součástí výzkumu byla analýza možností praktického využití modelů. Součástí řešení byla implementace algoritmů pro řešení vybraných lokačních a pokryvných úloh, klasifikační schéma a jeho využití při klasifikaci lokačních a pokryvných úloh, rozšíření modelu úlohy rozmístění obslužných středisek o výběr vhodných tras tak, aby se

minimalizovala rizika související s přepravou do/z obslužných středisek, návrh a implementace algoritmů řešení úlohy rozmístění obslužných středisek a výběru vhodných tras tak, aby byly minimalizovány možné nežádoucí účinky obslužných středisek a rizika spojená s přepravou do resp. z obslužných středisek.

Druhou, nedílnou součástí řešení úkolů náležejících do okruhu problémů zařazených do 3. oblasti je návrh a koncepce programového experimentálního prostředí pro řešení úloh diskrétní optimalizace. V rámci řešení byl navržen model síťového editoru, umožňujícího vkládání a zpracování dat silniční sítě, vkládání evaluace uzlů a úseků sítě. Model zahrnuje klíčové optimalizační úlohy na sítích, zejména určení významných cest na grafech (nejkratších/minimální cesty, cesty s maximální spolehlivostí/kapacitou) a výpočet distanční matice). Editor sítě byl doplněn nástavbou umožňující řešení řady úloh diskrétní optimalizace, např. úlohy alokačně - lokační, distribuční s deterministickou/stochastickou poptávkou a řešení svozových a rozvozových úloh. V rámci řešení byly výsledky aplikovány při řešení konkrétních úloh praxe. V roce 2004-2005 se řešitelé podíleli na řešení problému rozmístění servisních středisek na montáž/demontáž, opravy/údržbu platebních terminálů a bankomatů v rámci území České republiky. Cílem řešení bylo stanovení optimálního počtu servisních středisek na území ČR tak, aby byla na jedné straně garantována uživatelem systému doba odezvy, na druhé straně byly minimalizovány režijní náklady servisní sítě. Další aplikací výsledků řešení v oblasti lokačně/lokačních úloh byla účast na řešení projektu Optimalizace přepravních toků při likvidaci použitých výrobků (2005-2006). Řešitelé se podíleli na řešení dílčího úkolu logistického zabezpečení svozu a recyklace bílé techniky v rámci ČR, která pro vysoký obsah látek poškozujících životní prostředí (freon) podléhá podle zákona zvláštnímu režimu recyklace. Byl navržen model řešení a jeho počítačová implementace. Vstupními daty modelu byla síť silničních komunikací ČR, procentuální podíly výtěžnosti použité techniky podle regionu a počtu obyvatel, distanční matice obcí ČR, zpracovatelé použité techniky, materiálové složení, atd. Hlavními výstupy řešení jsou seznamy zpracovatelů použité bílé techniky, logistické toky/distribuce recyklátů, řešení logistiky recyklátů, výpočet logistických nákladů. Významnou součástí praktických aplikací řešení v rámci projektu je řešení svozových - rozvozových úloh se zaměřením na obsluhu hran. Problematika vyplynula z potřeb praxe firem zabývajících se svozem komunálního odpadu a čištěním městských komunikací. Problém spočívá v nalezení optimálního souboru tras pro vozový park, za účelem obsluhy souboru zákazníků. V jistých případech je vhodné řešit úlohu obsluhy uzlů sítě jako úlohu s obsluhou hran, například svoz komunálního odpadu, čištění a údržbu pozemních komunikací, svoz, rozvoz školním autobusem, doručování zásilek atd. Problém obsluhy úseků sítě je často řešen právě na síti městských komunikací. To s sebou nese řadu komplikací. Graf sítě není homogenní, může obsahovat jak orientované hrany (jednosměrné komunikace), tak neorientované hrany (obousměrné komunikace), popřípadě kruhové objezdy, ostrůvky pro chodce atd. Tento fakt výrazně komplikuje řešení problému. V rámci řešení byly navrženy metody homogenizace sítě komunikací a efektivní model řešení úlohy založený

na teorii a principech řešení eulerovských tahů, konkrétně na řešení problému, v literatuře označovaného jako RPP (Rural Postman Problem). V posledních létech sílí tlak praxe na on-line sledování vozidel provádějících dopravní obsluhu území, ať už se jedná o servis typu zdravotnické záchranné služby, svoz komunálního odpadu, distribuční úlohy, čištění komunikací, apod. Řešitelský tým na základě konzultací například s firmou Marius Pedersen a dalšími reagoval na požadavky a vytvořil nezbytné materiální a personální předpoklady na výzkum v oblasti zavádění inteligentních dopravních systémů/telematiky do praxe. Řešitelé se zaměřují zejména do oblasti alternativních způsobů sledování pohybu vozidel a využití nových technologií zpracování dat prostřednictvím INTERNETu.

#### **Související publikace:**

- VOLEK, J. Počítačová podpora trasování vozidel svozu komunálního odpadu. Sborník příspěvků - Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi, Telematika v distribučních a svozných úlohách. Pardubice, 2009. ISBN 978-80-7395-224-2.
- VÍZNER, F. Řešení kapacitně omezených svozně - rozvozních úloh s obsluhou hran - heuristický přístup, Sborník příspěvků - Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi 2011- Současný stav a perspektivy, Pardubice, 2011. ISBN 978-80-7395-439-0.
- VÍZNER, F. (spoluautor monografie), Modelování technologických procesů v dopravě, kapitola Modely svozně - rozvozních úloh ve větších městech a průmyslových aglomeracích, Pardubice, 2011.

#### **4.Využití a implementace nástrojů telematiky v provozu a řízení silniční dopravy**

(řešitelé - Ing. Josef Šroll, Ph.D., doc. Ing. Josef Volek, CSc., Mgr. Ivan Panuška, Ing. Filip Vízner, Ph.D.)

V této oblasti byly provedeny přípravné práce nezbytné na zavedení systému APRS pro sledování vozidel, dále bylo nutné zabezpečit legalizaci použití radiových zařízení pro tento účel. Následoval vývoji vhodných algoritmů pro autonomní řízení vozidel pomocí vestavěné optické kamery. Práce na výběru vhodných technologií pro testovací prostředky ověřující odvozené algoritmy. Mezi významné výsledky patří rovněž vybudování minimálního technického zázemí pro experimenty v oblasti alternativních možností sledování pohybu vozidel v síti. Svépomoci byly realizovány rozsáhlé experimenty v terénu. Dále s využitím prostředků SGS byl pořízen základní SW a technické vybavení na vizualizaci experimentálních dat. Výsledky byly využity při experimentech alternativního sledování dopravních prostředků silniční dopravy a zjišťování možností jejich využití v řízení provozu na pozemních komunikacích. Byla navázána spolupráce s technickými katedrami (KDPD, KDS, KEEZ) a uvažujeme s možností zabudování prostředků automatického sledování pohybu a řízení vyvíjeného monopostu pomocí vestavěné optické kamery a radiového spojení. Projekt další spolupráce s technickými katedrami úzce navazuje na ukončený projekt TDS. Pro pokusy s prací na rádiovém sledovacím systému bylo získáno od ČTÚ oprávnění na využití radiových kmitočtů v radioamatérských pásmech s volací značkou OK1KID. Vedoucím operátorem byl ČTÚ stanoven Ing. Josef Šroll, Ph.D. Pro vlastní sledovací systém byl

proveden rozbor stávajících systémů dříve používaných u systémů LORAN, TAMARA a několika dalších, založených na časoměrné hyperbolické navigaci. Proběhla řada experimentů, byly získány soubory dat, umožňující na jedné straně využití při vizualizaci na výpočetní technice, statistické vyhodnocení chyb a nepřesností systému a návrh technických vylepšení, potřebných k tomu, aby systém poskytoval přesnější informaci o aktuální pozici pohybujícího se dopravního prostředku. Současně probíhaly práce směřující k návrhu o možnostech využití alternativních systémů sledování vozidel a jejich implementaci. Byla projednána a dohodnuta spolupráce s KDPD týkající se instalace technických zařízení na vyvíjený experimentální monopol.

#### **Související publikace:**

- Šroll, J. Orientace vozidla podle optických markantů. Sborník semináře Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi. Telematika v distribučních a svozných úlohách. Pardubice, 2009. ISBN 978-80-7395-224-2.
- Šroll, J. Použití Kalmanova filtru k filtrování souřadnic vozidla. Sborník semináře Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi. Telematika v distribučních a svozných úlohách. Pardubice, 2009. ISBN 978-80-7395-224-2.
- Šroll, J. Problematika řízení vozidel ovládaných autonomními systémy. Sborník semináře Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi. Kvantitativní metody v dopravních a logistických systémech I. Pardubice, 2010. ISBN 978-80-7395-297-6.
- SCHEJBAL, V., DVOŘÁK, K., ŠROLL, J. Elektromagnetická kompatibilita a stínění. Elektrotechnika. 2011, č. 22, 16. 5. 2011. elektrotechnika.cz. ISSN 1213-1539.

#### **Perspektiva aplikovaného/základního výzkumu na KID**

Přestože je ekonomika České republiky podobně jako jiné evropské ekonomiky v recesi, zájem o implementace informačních systémů, optimalizačních metod a racionalizačních řešení ze strany praxe neustává. Problémem řešitelského pracoviště nadále zůstává personální otázka, to znamená nedostatek vhodných členů řešitelského týmu. Řešení a počítačová implementace převážně složitých úloh rozhodování a budování informačních systémů pracujících v reálném času v oblastech logistických a dopravních systémů vyžadují komplexní znalosti řešitelů. Jedná se zejména o požadavek praxe z praktického programování, požadavek znalosti nových dopravních, přepravních a logistických technologií, v neposlední řadě potom úspěch řešení vyžaduje výrazný krok směrem k matematice a optimalizačním metodám. Nesnadným cílem managementu katedry je takovému lidem pro spolupráci získat nebo vyškolit v rámci všech tří stupňů VŠ vzdělávání, na které má fakulta a zejména obor AID akreditaci.

*Předloženo: 26.6.2013*