

SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE
Series B
The Jan Perner Transport Faculty
5 (1999)

VYHODNOCOVÁNÍ DOPRAVNÍCH PRŮZKUMŮ

Jiří ZOUZAL

Katedra informatiky v dopravě

Úvod

Aktuální potřebou současné doby v oblasti dopravní obslužnosti prostředky hromadné dopravy osob je využití počítačové techniky k podpoře rozhodování. Tuto techniku lze využít zejména pro vyhodnocování dopravních průzkumů, navrhování nového vedení linek a optimalizaci systému hromadné dopravy osob jako celku.

Komplexní řešení této problematiky naráží na celou řadu problémů, z nichž k nejzávažnějším bezesporu patří získání věrohodných dat o současné poptávce po této dopravě. Výsledkem statistického zpracování dopravních průzkumů jsou tedy údaje charakterizující přepravní požadavky, tj. směrování cestujících v prostoru a čase.

Pro následné optimalizace hromadné dopravy je potřeba požadovaná data neustále udržovat a aktualizovat, aby bylo možné pružně (do jisté míry) reagovat. Tato činnost je však možná pouze s využitím výpočetní techniky a odpovídajícího programového vybavení.

Tento článek se zabývá vytvořením interaktivního softwarového nástroje, umožňujícího vyhodnocování dopravních průzkumů a dalších prací s těmito daty.

Řešení

Vyvinutý nástroj slouží k vyhodnocování dopravních průzkumů. Umožňuje načíst získaná data a libovolně je editovat. Dále tato data (tj. přepravní požadavky) přiřadí na stávající linky dopravní sítě (tj. spočítat zatížení těchto linek), spočítat obraty cestujících na jednotlivých zastávkách a tržby a náklady linek.

Předpoklady a omezení:

Zde jsou stanoveny předpoklady chování cestujících a omezení funkcí modelu:

- cestující si vybírají spojení podle doby jízdy. Pokud je těchto spojení více, dojde k poměrnému rozdělení na tyto spojení.
- pokud cestující může přestoupit na více zastávkách, vybere si až tu poslední možnou.
- povoleny jsou maximálně dva přestupy, tj. lze použít tři linky.
- v žádné lince se nesmí opakovat žádná zastávka, to neplatí, pokud je zastávka průjezdní.

Hlavní funkce modelu

Načtení dopravní sítě:

Dopravní síť je obecně tvořena vrcholy a hranami, zde tomu odpovídají zastávky a úseky použitých linek daného území, pro které se dopravní průzkum zpracovává. Každá linka (tj. každý spoj linky) je popsána následujícími údaji:

- jménem (tj. jejím označením).
- časem odjezdu z výchozí zastávky.
- posloupností zastávek (a to i průjezdních). Každá zastávka je popsána svým jménem a dobou jízdy a vzdáleností od výchozí zastávky.

Načtenou síť lze kdykoliv upravovat.

Načtení přepravních požadavků:

Přepravní požadavek vyjadřuje cestující, směřující z počáteční do cílové zastávky v určitou dobu. Jsou to tedy údaje získané dopravním průzkumem popisující současný stav.

Načtení požadavků probíhá ve dvou fázích:

1. načítání požadavků

v první fázi dochází k načítání a dekodování dat z provedeného dopravního průzkumu. Během tohoto dekodování se kontroluje, zda jsou načítaná jména zastávek již známá. Jinak je nutné provést opravu

2. sečtení požadavků

ve druhé fázi dochází k seřazení načtených záznamů podle výchozí a cílové zastávky a času odjezdu/příjezdu. Následuje kontrola, zda se v souboru

Jiří Zouzal:

vyskytují záznamy se shodnou výchozí a cílovou zastávkou a časem. Pokud ano, dojde k sečtení počtu jejich požadavků a uložení do jediného záznamu a k následnému odstranění opakujících se. Tím může dojít ke zmenšení velikosti dat a zároveň i později k úspoře času při následném při výpočtu zatížení, protože se shodné požadavky nebudou opakovat

3. výpočet zatížení

výpočtem zatížení se načtené přepravní požadavky přiřazují na jednotlivé linky dopravní sítě. Tím se zjistí počty cestujících na těchto linkách. Během výpočtu je možné počítat i obraty cestujících na zastávkách a tržby a náklady linek.

Přiřazení požadavků spočívá v tom, že se nejprve naleznou dle zadaných parametrů vyhovující spojení a poté se hodnota tohoto požadavku (tj. počet osob) rozdělí na tato spojení.

Algoritmus nalezení spojení závisí na směru přepravního požadavku, to znamená zda se jedná o „Odjezd“ nebo o „Příjezd“. V případě „Odjezdu“, se hledají linky odjíždějící nejdříve v tento čas a to i při přestupu, kdy ještě musí být splněna doba minimální přestupu mezi dvěma linkami. Pokud se jedná o „Příjezd“, hledají se linky tak, aby byl příjezd do cíle nejpozději v tuto dobu

4. nalezení spojení

algoritmus hledání spojení má rekurzivní charakter (to znamená, že volá sám sebe) a je vytvořen pro neomezený počet přestupů, v modelu jsou však povoleny jen dva přestupy. Odlišuje se však podle směru požadavku („Odjezd“ či „Příjezd“)

5. v algoritmu se při přestupech vylučují přestupy na stejné linky nebo stejné výchozí a cílové zastávky. Takto se naleznou všechny možné varianty spojení, které se dále zkontrolují a nevyhovující odstraní (viz níže)

6. výpočet doby jízdy

doba jízdy jednotlivých spojení se vypočítá hned po jeho nalezení. Její výpočet závisí na tom, zda se jedná o „Odjezd“ či o „Příjezd“:

- „Odjezd“ – za dobu jízdy se považuje čas od doby požadavku do příjezdu linky do cíle.
- „Příjezd“ – je to čas od nastoupení na výchozí zastávce do doby požadavku.

Nejedná se tedy pouze o dobu mezi nástupem na výchozí zastávce a výstupem na cílové. Tento způsob je zvolen proto, aby se při „Odjezdu“ hledala taková spojení, aby cestující z výchozí zastávky odjeli co nejdříve a při „Příjezdu“ přijeli do cíle co nejpozději

7. úprava nalezených spojení

během úpravy se označují ta spojení, která nesplňují předepsané předpoklady. Tato spojení jsou následně odstraněna. Úprava spočívá v následujících krocích:

- seřazení jednotlivých spojení podle doby jízdy a podle počtu přestupů vzestupně. Tím se upřednostňují rychlejší a přímější spojení

- upravení počtu spojení tak, aby doba jízdy posledního spojení nebyla větší než doba jízdy nejrychlejšího spojení a předem definované prodloužení jízdní doby od této nejrychlejší varianty, o které jsou ještě cestující ochotni toto spojení použít
- zrušení spojení, ve kterých se vyskytují kombinace linek použité již u rychlejších variant spojení
- další ošetření se týká „úvratě“ linek. To je situace, kdy je možné přestoupit na více zastávkách, ale několik úseků se projíždí zbytečně v oběma směry
- ošetření přestupu na více místech. Pokud se naleznou spojení se stejnými kombinacemi linek, nechá se v platnosti jen to spojení, ve kterém se přestupuje až na poslední možné zastávce, ostatní spojení se označí – nejedná se ale o předchozí případ (tj. „úvratě“)

8. rozdělení požadavků

Pro rozdělení cestujících do jednotlivých variant existuje spousta metod. Např. vše se přiřadí jen té nejvýhodnější variantě, opačný extrém je přiřadit všem variantám stejně a to bez ohledu na výhodnost těchto variant.

V tomto modelu je použita metoda „paralelních odporů“. Princip metody spočívá v období toku elektrického proudu paralelními odpory, kde proud více protéká menšími odpory, obdobně jako cestující si spíše vybírají rychlejší variantu:

Celkový požadavek = 20, počet variant spojení = 7

Doba	Proud
6	3792
6	3792
7	3251
8	2844
9	2528
12	1896
12	1896

Je vidět, že počet cestujících (tj. proud) jednotlivých variant spojení je závislý na době trvání příslušné varianty. Dvojnásobně dlouhému spojení tedy odpovídá poloviční počet cestujících

9. zatížení linky

Po rozdělení požadavků je potřeba je přiřadit na konkrétní linky. Nejprve se ale tyto hodnoty musí zaokrouhlit. Po zaokrouhlení se spočítá kontrolní součet a porovná s původní hodnotou. Pokud vlivem zaokrouhlení vznikl rozdíl, dojde k jeho odstranění. Pokud se rozřadilo více, než je celkový požadavek, tak se

tento přebytek od posledních variant spojení odečte (vždy jen jednotka), pokud se rozřadilo méně, tak se zase k prvním vždy jednotka připočte. Tímto se preferují výhodnější varianty

10. výpočet obratu

výpočet obratu cestujících se provádí po rozdělení požadavku na jednotlivé linky. Pro výchozí zastávku se zvýší hodnota „nástup“, pro cílovou hodnota „výstup“. Pokud bylo nutno přestoupit, zvýší se pro přestupní zastávky hodnota „přestup“.

Zároveň s počítáním obratu na jednotlivých zastávkách se počítá i celkový obrat, jehož výpočet se částečně odlišuje. Jelikož hodnota nástup a výstup se shoduje, zaznamenávají se tedy jen dvě hodnoty: „nástup/výstup“ a „přestup“. Pro každé spojení se zvýší hodnota „nástup/výstup“ a pro přestup hodnota „přestup“ (nezáleží tedy na počtu přestupů)

11. výpočet tržeb

tržby se počítají pro tarifní pásma a pro jednotlivé linky.

V případě linek se při známé délce jízdy na lince nalezne odpovídající tarifní pásmo a po vynásobení odpovídající cenou rovnou zvýší hodnota tržeb linky.

V případě tarifních pásem se pouze upraví počet osob v odpovídajícím pásmu

12. výpočet počtu vozidel

u každé linky se vychází z jejího maximálního zatížení (získaného předchozím výpočtem zatížení). Pro výpočet musí být známé kapacity vozidel a koeficient jejich využití. Vyjde-li počet vozidel necelé číslo, dojde k zaokrouhlení nahoru (přidá se vozidlo navíc). Rovněž je možné nastavit hodnotu minimálního obsazení, tj. takového počtu cestujících, aby se vozidlo použilo.

Aplikace

Vytvořeným programem byl vyhodnocen dopravní průzkum veřejné autobusové dopravy konaný v okrese Hradec Králové, který proběhl v období květen a červen roku 1999. Průzkum byl vykonán formou dotazníků, které rozšiřovali vybraní zástupci obcí. Z průzkumu bylo vynecháno samotné okresní město Hradec Králové. Dotazník měli obdržet všichni obyvatelé a po vyplnění vrátit na okresní úřad.

V dotazníku měli občané vyplnit místo a čas pro pravidelné, tak i nepravidelné dojíždění. Z celkového počtu obyvatel (cca 62 000, tj. mimo již zmiňovaného Hradce Králové), bylo vráceno přibližně 9 200 dotazníků, což je návratnost necelých 15%. Z těchto vrácených dotazníků však bylo vyplněno pouze 5 500, u ostatních bylo uvedeno, že tuto dopravu nevyužívají. Zastupitelé některých obcí zase místo vyplněných dotazníků uvedli, že jsou se současným stavem dopravy spokojeni, což je ovšem pro další zpracování nedostatečné.

Získaná data byla zpracována po jednotlivých dnech. Dále bude popsáno zpracování pouze jednoho den, a to pondělí, výsledky ostatních dnů jsou obdobné.

Dopravní síť byla použita dle platného jízdního řádu a to jen linky, které obsluhují alespoň část okresu. Většina dálkových spojů tak byla vyřazena. Takto bylo načteno 523 linek a 172 zastávek.

Po načtení přepravních požadavků vytvořeným programem bylo získáno necelých 6 500 požadavků. Překvapivě, počet osob při směru „Příjezd“ je o 200 větší než v opačném směru, to znamená, že se zpět vrací jiným způsobem (popřípadě občané pouze chybně vyplnili dotazník). Pokud se ale podíváme na počty „Různých“ požadavků, je situace poněkud opačná, ve směru „Příjezd“ je o 100 různých jízd méně, než ve směru „Odjezd“. To znamená, že příjezdy do cíle jsou více koncentrovány (tj. jízdy do zaměstnání a škol), zatímco jízdy zpět už tak koncentrovány nejsou (tj. školy nekončí stejně, někdo jde po práci ještě na nákup apod.). Celkem je „Různých“ požadavků necelých 3 400.

Výpočet zatížení byl proveden s parametry: minimální doba přestupu 0 minut, maximální doba přestupu 60 minut (tj. nečekat na linku déle než hodinu) a nejméně výhodná varianta smí trvat nejdéle o hodinu více než nejrychlejší varianta). Dále bylo požadováno počítat obraty cestujících na zastávkách a tržby linek.

Po ukončení výpočtu bylo oznámeno nenalezení 580 spojení (cca 17% požadavků ~ 820 cestujících). Důvod je víceméně jednoznačný: požadovaný „Příjezd“ je dříve než skutečný příjezd nejbližší linky a pro „Odjezd“ je skutečný odjezd linky později než odjezd linky.

Přesné vysvětlení by ale potřebovalo hlubší analýzu a rozšíření stávajících algoritmů, které by se tím značně zkomplikovaly. Autor se bude těmito úpravami dále zabývat.

Co se týče obratu na zastávkách, tak z 5 600 „uspokojených“ cestujících bylo nuceno 1 400 alespoň jednou přestoupit (20%). Nejvíce vystupujících bylo v Hradci Králové (2 000), nastupujících bylo rovněž tam, ale o 250 méně. Nejvíce cestujících přestupovalo v Novém Bydžově (300). Celkový největší obrat cestujících byl v Hradci Králové (4 000). Necelých 400 cestujících muselo přestoupit dvakrát.

Ukázka obratu na zastávkách:

Jméno zastávky	Nástup	Výstup	Přestup	Celkem
Hradec Králové	1755	2019	250	4024
Nový Bydžov	523	604	301	1428
Nechanice	338	325	186	849
Všestary	392	371	0	763
Černilov	207	188	9	404
Stěžery	161	146	15	322
Smidary	159	149	9	317
Lodín	124	113	14	251
Petrovice	106	79	44	229
Boharyně	97	89	11	197

Jak je možné si všimnout, počty nastupujících a vystupujících v jednotlivých obcích se většinou liší, někdy až velmi. Toto je způsobeno buď nenalezenými spojeními nebo již zmíněnými rozdíly počtů požadavků.

Pro výpočet tržeb byly použity tarify dle MFČR platné k 1.1.1999 do vzdálenosti 100 km. Tato vzdálenost je v nich rozdělena na 18 tarifních pásem. Náklady na 1 km jízdy vozidla na lince byly stanoveny jako 21 Kč/km.

Celkový počet osob byl vypočten 7 400. V tomto počtu jsou i cestující, kteří museli přestoupit víckrát (kupují jízdenku při nástupu do vozidla). Celkové charakteristiky jsou následující: ujetá vzdálenost 21 800 km, přepravní výkon 90 900 osobokilometrů, celkové tržby 141 900 Kč a náklady 457 300 Kč. Výsledná ztráta činí 315 400 Kč za tento den.

Určení potřebných počtů vozidel bylo s těmito parametry: využití kapacity vozidel 100%, minimální obsazení 0 osob. Kapacita všech vozidel byla stanovena na 60 míst.

Při výpočtu nákladů dle takto vypočtených vozidel se náklady sníží na 403 000 Kč a výsledná ztráta na 261 100 Kč.

Získané ztráty jsou zhruba pětinasobné oproti skutečnosti. Důvod je jednoduchý: počet obyvatel, kteří zde tvoří příjmy, jsou díky počtu odevzdaných dotazníků rovněž přibližně pětkrát nižší. Tím se samozřejmě nedostaneme přesně na stejnou hodnotu těchto ztrát, ale dostaneme se alespoň řádově na podobnou hodnotu.

Závěr

Aplikace splňuje současné nároky na komfort obsluhy (tj. grafické prostředí Windows). Co se týče grafického zobrazení dopravní sítě, je zde použit velmi jednoduchý zobrazovací prvek, sloužící pro stručné a přitom přehledné zobrazení požadovaných výsledků. V dnešní době rozmachu GIS (Geographic Information System) aplikací ani

nebylo cílem vytvářet obdobný produkt. Tyto systémy již dokáží pracovat s digitalizovanými mapami, je jen otázkou času, kdy budou v sobě zahrnovat i podrobnější informace o obyvatelstvu a jeho přepravními požadavky. Toto je jedním z dalších směrů řešitele, tj. vytvoření nadstavby umožňující zpracovávat dopravní průzkumy (tj. obdoba této aplikace) pro tyto GIS. Největším problémem bude zřejmě finanční stránka – nákup potřebného software a digitálních map.

Lektoroval: Doc. Ing. Josef Volek, CSc.

Předloženo v březnu 2000.

Literatura

- [1] Zouzal, J., Diplomová práce DFJP, Pardubice 1998.
- [2] Medelská, V. a kol.: Dopravné inženýrstvo. Alfa, Bratislava 1991.

Resumé

VYHODNOCOVÁNÍ DOPRAVNÍCH PRŮZKUMŮ

Jiří ZOUZAL

Práce se zabývá vyvinutím software umožňujícím vyhodnocovat dopravní průzkumy a získat tak údaje pro následné dopravní plánování, jako jsou celkový počet přepravovaných osob, zatížení linek, potřebný počet vozidel, obraty cestujících na zastávkách a základní ekonomické ukazatele.

Summary

EVALUATION OF TRANSPORT INVESTIGATIONS

Jiří ZOUZAL

The work deals with developing a software enable to evaluate urban public traffic and thereby obtain data for consecutive traffic planning, e.g. number of transported person, transport effectiveness of lines, needed count of vehicles, total amount of passengers at the stations and basic economic indices.

Zusammenfassung

AUSWERTUNG DER TRANSPORTEUR VERUNTERSUCHUNGEN

Jiří ZOUZAL

Die Arbeit betätigt mit dem entwickelten Software, der Transporteurumfrage bewerten ermöglicht und die Erwerks der bedeutsameren Angaben für die Folge die Transporteurplanung, als sie die Gesamtzahl der Befördernepersonen, die Fachbeziehungen zwischen den vereinzelt Stadtteilen, die Belastungen der Leitungslinien und die Ausnutzung des Verkehrsweg, die Umsatz der Reisenden in den Haltestellen und die ekonomischen Grundkennziffern.

Jiří Zouzal: