



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

**FAKULTA PROVOZNĚ EKONOMICKÁ
KATEDRA SYSTÉMOVÉ A OPERAČNÍ ANALÝZY**

Obor: Veřejná správa a regionální rozvoj

Teze diplomové práce

Optimalizace tras pro cestovní kanceláře

Diplomant: Jan Šuta

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivanka Kosková

1 SEZNAM LITERATURY

1. **ZÍSKAL, Jan., BROŽOVÁ, Helena.:** *Ekonomicko matematické metody II*. Skriptum, ČZU, PEF, Praha 1998.
2. **ZÍSKAL, Jan., HAVLÍČEK, Jaroslav.:** *Ekonomicko matematické metody I. – studijní texty pro distanční studium*. Skriptum, ČZU, PEF, Praha 1998.
3. **ZÍSKAL, Jan., HAVLÍČEK, Jaroslav.:** *Ekonomicko matematické metody II – studijní texty pro distanční studium*. Skriptum, ČZU, PEF, Praha 9009.
4. **ZÍSKAL, Jan., KOSKOVÁ, Ivanka.:** *Cvičení z metod operační analýzy*. Skriptum, ČZU, PEF, Praha 1994
5. **ŠUBRT, Tomáš., BROŽOVÁ, Helena., DÖMEOVÁ, Ludmila., KUČERA, Petr.:** *Ekonomicko matematické metody II – aplikace a cvičení*. Skriptum, ČZU, PEF, Praha 9000..
6. **PELIKÁN, Jan.:** *Praktikum z operačního výzkumu*. Skriptum, VŠE, Fakulta informatiky a statistiky, Praha 1994.
7. **EISLER, Jan.:** *Modelování rozhodovacích problémů v dopravě*. Skriptum, VŠE, Fakulta podnikohospodářská, Praha 1995.
8. **LAUBNER, Josef., JABLONSKÝ, Josef.:** *Programy pro matematické modelování I*. Skriptum, VŠE, Fakulta informatiky a statistiky, Praha 1997
9. **PETRŮ, Zdenka.:** *Základy ekonomiky cestovního ruchu*. Idea servis 1999.
10. **ORIEŠKA, Ján.:** *Technika služeb cestovního ruchu*. Idea servis 1999.
11. **KUČEROVÁ, Irah.:** *Ekonomika se zaměřením na cestovní ruch*. Idea servis 1997.
12. **FIRO-tour.:** Poznávací zájezdy 9004.
13. **FIRO-tour.:** www.firotour.cz.

2 TEZE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cestování a turistický ruch se v poslední době staly velikým fenoménem. Touha poznávat nové kraje, daleké země a cizí mravy je zakořeněna téměř v každém z nás různým způsobem. Někomu stačí vidět některou z blízkých památek a zbytek dovolené věnuje slastnému a zaslouženému odpočinku. Na druhé straně existuje početná skupina lidí, která je hnána vpřed touhou po poznání, objevování cizích kultur, bájných civilizací, majestátních památek nebo jen touhou si odpočinout v nedotčené panenské přírodě či v ruchu některého z velkoměst.

Zejména pro střeoevropany a především obyvatel východní Evropy se stala otázka cestování a cestovního ruchu velice zajímavým a oblíbeným tématem. Vlivem politických změn ve výchoevropském bloku dostalo velké množství obyvatel těchto oblastí možnost k vycestování do celého světa.

Se změnou politických poměrů došlo také k velkým ekonomickým změnám. Podniky a organizace se postupně začaly přizpůsobovat tržnímu prostředí, tolik typickému pro kapitalismus. Pro všechny podniky, a to nejen pro cestovní kanceláře, je nutné obstát v konkurenčním boji a vybudovat si silnou pozici v oblasti svého soukromého podnikání. Optimalizace cestovních tras by cestovními kancelářemi měla v jejich podnikání pomoci vytvořit si co největší konkurenční výhodu.

Cílem práce je provést optimalizaci tras cestovní kanceláře FIRO-tour a na základě získaných výsledků vyhodnotit do jaké míry jsou trasy vybrané cestovní kanceláře optimalizovány, popřípadě navrhnout zlepšení těchto tras.

Okružní úlohy jsou úlohy hledání optimální trasy pro vozidla realizující přepravu okružním způsobem, kdy uzly distribuční sítě jsou obsluhovány během jedné nebo několika jízd, které většinou začínají a končí ve výchozím uzlu sítě. Účelem je minimalizovat celkovou délku tras vozidel s respektováním požadavků odběratelů i technologických omezení dopravních prostředků.

V matematické formulaci základní okružní úlohy je dána konečná množina míst a vzdáleností, spotřeba času nebo náklady, sazby pro spojení každé dvojice těchto míst. Hledáme takovou posloupnost míst, ve které se každé místo objeví právě jednou a součet ohodnocení jednotlivých spojení v této posloupnosti je minimální. Vybranou

Požadavek, aby se každé místo objevilo ve vybrané trase jen jednou, nelze chápat tak, že se každým místem projíždí pouze jednou, neboť nemusí vždy existovat unikátní spojení mezi každou dvojicí míst a je třeba do trasy zařadit odbočky a koncová místa. Základní dva typy okružních dopravních problémů se liší charakterem cestní sítě. Může jít o problém s úplnou sítí cest, ve které existuje mezi libovolnými dvěma místy přímé spojení, a problém s neúplnou sítí cest, ve kterém nelze realizovat v libovolném směru přímé spojení každé dvojice míst (bez nutného projetí dalším místem).

Pro řešení okružního dopravního problému existuje větší množství metod, jejichž princip je založen na vytváření a zpracovávání posloupností sledovaných míst, v nichž se musí každé místo objevovat právě jednou. Aby se zamezilo předčasnému uzavření okruhu, je nutno vyloučit všechny trasy, které by předčasně uzavřely okruh. Nezbytné je především vyloučit současné zařazení jednoho úseku oběma směry (vyloučit v matici sazeb symetrické prvky podle hlavní diagonály) a zpětnou vazbu každého uzlu (vyloučit z úvahy diagonální prvky matice). Všechny popsané problémy mají určité společné vlastnosti. Jsou odosti obtížné a optimální řešení je možné nalézt metodou větvení a hranic. Nejpodstatnější je ale především matematická formulace, která je podobná a lze ji využít pro většinu užívaných metod.

Při optimalizaci cestovních tras byly v této práci použity tři metody: metoda nejbližšího souseda, Vogelova aproximační metoda a jedna z modifikací vkládací metody. Zde jsou uvedené metody a jejich algoritmy blíže vysvětleny.

Metoda nejbližšího souseda. Nejdříve zvolíme první uzel na trase řešeného problému. K poslednímu zvolenému uzlu na trase najdeme v matici vzdáleností nejbližší uzel a ten přidáme za poslední uzel již vytvořené části trasy. Postupné přiřazování nejbližších uzlů k poslednímu zvolenému uzlu opakujeme tak dlouho, dokud nejsou do trasy zařazeny všechny uzly grafu. Pro tuto metodu bylo dokázáno, že poměr délky získané trasy k délce optimálního řešení je menší než $\frac{1}{2}[\log_2(n)] + 1/2$. Pro výpočet je potřeba n^2 operací (výpočetní složitost metody).

Vogelova metoda. Má možnost využití i v ostatních distribučních úlohách. Rozdíl od řešení jednostupňového dopravního problému spočívá v nulové potřebě uvažování přepravovaného množství zboží, a tak před zahájením výpočtu zapíšeme do tabulky pouze sazby a v průběhu algoritmu se obsazované buňky jen označují, což znamená, že spojení odpovídající těmto buňkám jsou zařazována do konstruované trasy. Další rozdíl

je ve vyškrtávání po obsazení buňky. Vyškrtává se jak řádek, tak i sloupec, ve kterých se obsazovaná buňka nachází, a kromě toho je třeba vyškrtnout ještě jednu další buňku, která s právě obsazenou a případně ještě několika již dříve obsazenými uzavírá kruh, který neprochází všemi místy. Po tomto vyškrtávání je třeba přepočítat řádkové i sloupcové difference.

Metoda vkládací. a) metoda nejbližšího vkládání. Nejdříve zvolíme výchozí uzel trasy. Poté najdeme uzel s nejbližší výchozímu uzlu ($c_{1s} = \min\{c_{1j}\}$) a vytvoříme výchozí cyklus $C: 1-s-1$. Nalezneme uzel k , který je nejbližší uzlům již zařazeným do cyklu C . Nalezneme hranu (i,j) ležící na cyklu C , pro kterou je minimální $c_{ik} + c_{kj} - c_{ij}$ a vložíme uzel k mezi uzly i a j v cyklu C . Tento postup neustále opakujeme až do doby, kdy budeme mít v cyklu C obsaženy všechny uzly trasy.

b) metoda nejlevnějšího vkládání. Tato metoda je modifikací metody nejbližšího vkládání. Hledáme hranu (i,j) v cyklu C a uzel k neležící na C tak, aby $c_{ik} + c_{kj} - c_{ij}$ bylo minimální (na rozdíl od předchozí metody nehledáme uzel k takový, který je nejbližší již vytvořenému cyklu C , ale takový, jehož přidáním do cyklu se trasa co nejméně prodlouží). Uzel k vložíme mezi uzly i a j v cyklu C .

c) metoda libovolného vkládání. Další z modifikací vkládací metody, uzel k si můžeme zvolit libovolně.

d) metoda rychlého vkládání. Modifikace vkládací metody, kdy se uzel k zařadí za nejbližší uzel cyklu C .

Cíl práce, optimalizace cestovních tras, byl splněn v praktické části diplomové práce. Na třech cestovních trasách vybrané české cestovní kanceláře FIRO-tour byly provedena aplikace třech výše zmíněných metod. Pomocí algoritmů těchto metod byla provedena optimalizace vybraných cestovních tras (1. Holandská mozaika s návštěvou květinového korza, 2. Strasbourg-Lucemburk-Brusel a střední Porýní, 3. Krásy Hansovních měst a zajímavosti severního Německa). Vybrané metody určené pro optimalizaci se liší svojí složitostí při výpočtech a každá z těchto metod je tedy rozdílně časově náročná.

Ve všech případech optimalizace, kromě jednoho (metoda nejbližšího souseda pro trasu č.2), došlo ke zkrácení původních tras. Důvodem je fakt, že pro řešení okružního dopravního problému neexistuje žádný efektivní algoritmus, který by našel přesné matematické optimum. Příčinou je exponenciální růst omezujících podmínek

spojený s rostoucím počtem míst a také příliš dlouhá doba výpočtu. Dosažené výsledky lze tedy považovat za ekonomické optimum. Každá z metod byla více či méně při optimalizaci úspěšná.

To dokazuje, že ekonomicko matematické metody, modely a další nástroje operační analýzy představují významný podpůrný prostředek při řešení širokého spektra rozličných problémů. Ve spojení s výpočetní technikou pomáhají výrazně zefektivňovat, urychlovat a optimalizovat ekonomické procesy. Využívání optimalizačních metod pro okružní trasy a jejich správné používání by se mělo stát při tvorbě tras v cestovních kancelářích běžnou záležitostí.