VPLYV VÝSTAVBY OKRUHU NA ALGORITMICKÉ A POSTALGORITMICKÉ ČLENENIE DORUČOVACÍCH RAJÓNOV

Michal Pavličko, Daniela Šusteková*

Úvod

Všetky subjekty pôsobiace v trhovom prostredí vykonávajú svoju činnosť s cieľom uspokojovať požiadavky určitého menšieho či väčšieho zoskupenia ľudí. Motívom ich činnosti je zväčša dosahovanie zisku. Tomu prispôsobujú jednotlivé procesy svojho podnikania. Výšku zisku je možné ovplyvňovať rôznymi spôsobmi. Jedna z možností, ako dosiahnuť tento cieľ tak, aby sa spoločnosť udržala v konkurenčnom boji na trhu, je znižovanie nákladov, a to rôznymi spôsobmi, v závislosti od druhu vykonávanej činnosti.

Podnikanie v oblasti poštových podnikov má však určité osobitosti na rozdiel od ostatných subjektov pôsobiacich na trhu. Technologický proces tu prebieha na sieťach a iných konštrukciách rovnakých alebo porovnateľných na celom území, kde pracovný predmet tvorí informácia, či už virtuálna alebo fyzická, napríklad vo forme listu. Špecifikom je to, že tento pracovný predmet, resp. informácia, vstupuje do pracovného procesu poštových podnikov fyzicky, ale nie hodnotovo, t.j. pridaná hodnota týmito podnikmi nespočíva vo zvýšení hodnoty tohto pracovného predmetu, ako je to u výrobných podnikov, ale v poskytnutej službe, ktorej podstata spočíva v premiestnení tejto informácie.

Optimalizácia prebieha na rôznych úrovniach technologického procesu. Dá sa povedať, že tento proces je večne živý, a to z rôznych dôvodov. Jedným z dôvodov je neustále sa meniaci infraštruktúra, presídľovanie sa obyvateľstva, zmena vekovej štruktúry a s tým súvisiaca zmena štruktúry požadovaných služieb na danom území atď. Ďalší významný prvok, je zmena technológií, či už priamo v technologickom procese alebo vývoj počítačových technológií umožňujúci spracovávať stále väčšie množstvo informácií v čoraz kratšom čase.

Tento článok je zameraný práve na riešenie záverečnej fázy technologického procesu v pošte, t.j. na doručovanie poštových zásielok adresátom.

---

* Ing. Michal Pavličko, PhD., RNDr. Daniela Šusteková, PhD., Katedra kvantitatívnych metód a hospodárskej informatiky, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, tel.: +421/41/5133259, e-mail: michal.pavlicko@fpedas.utc.sk, daniela.sustekova@fpedas.utc.sk

Teoretické riešenie

Optimalizáciu je možné vykonávať rôznymi spôsobmi v závislosti od požadovaných parametrov použitím rôznych metód. Tento článok je zameraný na metódy prameniace s teórie grafov.

V súvislosti s optimalizáciou rôznych úrovní technologického procesu pošty je potrebné spomenúť opakované snahy o optimalizáciu u nás aj v zahraničí. Príčina týchto opakujúcich sa snáh, a to hlavne v oblasti optimalizácie alokačných rozhodnutí, či riešenia okružných jázd, pramení zo skutočnosti, že hoci algoritmy a metódy sú známe už dlhšiu dobu, pri pokusoch o ich uplatnenie vznikali problémy vyplývajúce z rôznych prekážok. Hlavná pritom spočívala v nedostatočnej úrovni vývoja výpočtovej techniky pre aplikáciu týchto metód na rozsiahlych sieťach.

V tomto článku sa budeme venovať iba optimálnemu vedenie doručovacích pochôdzok, pričom sa nebudeme zaoberať alokáciou doručovacích centier rôzneho druhu (t.j. doručovacích pôšt, stredísk doručovateľov atď.).

Teória grafov ponúka dva pohľady ako riešiť vedenie doručovacích pochôdzok a výber príslušného pohľadu a použiteľných metód závisí od konštrukcie grafu reprezentujúceho situáciu v príslušnom atrakčnom obvode doručovacieho centra. Pokiaľ je graf konštruovaný takým spôsobom, že na obsluhu daného obvodu je nutné prejsť každou hranou, pričom doručovanie prebieha práve pri prechode hranami, ide o riešenie úlohy „Čínskeho poštára“. Pokiaľ je nutné prejsť každým vrcholom, pričom samotné doručovanie sa uskutočňuje vo vrcholoch a nie na hranách, ide o úlohu „obchodného cestujúceho“.

Tento článok sa bude venovať tej situácii, keď je graf konštruovaný takým spôsobom, aby sa dali použiť metódy spadajúce do riešenia úloh obchodného cestujúceho, t.j. doručovanie zásielok bude prebiehať v samotných vrcholoch. Vrcholy teda predstavujú jednotlivé miesta, do ktorých sa vykonáva doručovanie, čiže vchody. Hrany reprezentujú časti komunikácií, po ktorých sa pohybujú doručovatelia medzi jednotlivými vchodmi.

Vplyv poštovej technológie

V praxi však vo väčších obciach a mestách jeden atrakčný, respektíve poštový obvod obsluhuje viac pochôdzkárov, ktorí majú presne vytýčené trasy svojich pochôdzok v ich doručovacích rajónoch. Počet týchto rajónov, resp. počet okruhov je závislý od požiadaviek na doručovateľa, t.j. čím je limitovaný. Môže to byť napríklad prejdená vzdialenosť, čas strávený na pochôdzke a pod. V praxi je častejšia časová limitácia pobytu doručovateľa na pochôdzke, pričom tento čas nezahŕňa celú jeho pracovnú dobu, nakoľko doručovateľ musí vykonať rôzne úkony vyplývajúce z technologického procesu pošty ešte pred samotnou pochôdzkou a takisto po nej. Pre riešenie takto stanovenej úlohy je potrebná znalosť práve času stráveného na pochôdzke.

V praxi sa často časy potrebné na technologické úkony pred a po pochôdzke ustália na približne konštantných hodnotách, ktoré súvisia s úrovňou manipulačnej techniky a mechanizácie používanej na danom pracovisku. Takisto sa odvíjajú od množstva a štruktúry adresátov v príslušnom atrakčnom obvode. Čas potrebný na samotnú pochôdzku získame odčítaním týchto časov a časov nutných prestávok vyplývajúcich zo zákona, alebo kolektívnej zmluvy od celkového času pracovnej doby.

Samozrejme existujú špecifické dni, keď množstvo doručovaného substrátu ďaleko prevyšuje hodnotu dlhodobého priemeru, a tak výrazne ovplyvňuje spomínané časy. Takýchto dní však je menej a dajú sa predikovať, nakoľko takéto dni sa opakujú každoročne. V týchto dňoch je vhodné počítať aj so zvýšenými hodnotami váh vrcholov. Zo zvýšeného objemu doručovaného substrátu vyplýva aj zvýšené množstvo zásielok doručovaných do jednotlivých vrcholov, a to sa odráža vo zvýšení času potrebného na obsluhu jednotlivých vrcholov, ako aj vo zvýšení času potrebného na vykonanie úkonov predchádzajúcich a nasledujúcich samotnej pochôdzke.

Preto je vhodné vytvoriť dva typy doručovacích pochôdzok. Jeden typ by sa používal v bežnom režime a druhý práve v spomínaných obdobiach so zvýšenou záťažou. Po stanovení času potrebného na samotné doručovanie je možné pristúpiť k samotnej optimalizácii doručovacích rájónov. Tento čas (čistý čas doručovania) priamo vplýva na veľkosť a teda aj tvar a počet doručovacích rájónov.

Teoretické riešenia

Pri riešení optimalizácie doručovacích pochôdzok sa rieši úloha obchodného cestujúceho a hľadá sa najkratší hamiltonovský sled, resp. okružná trasa. V praxi je táto úloha zložitejšia, pretože vo väčších doručovacích obvodoch sa vlastne bude hľadať niekoľko okruhov, nakoľko dodávanie poštových zásielok vykonávajú doručovatelia, ktorí sú obmedzení potrebným časom na pochôdzku (čistým časom doručovania). Čiže je nutné vypočítať viacero subokruhov. Takto sa vlastne rieši úloha „viacerých obchodných cestujúcich“.

Toto rozčlenenie na potrebný počet okruhov vychádza z požiadaviek tretej fázy technologického procesu pošty a môže sa v podstate diať dvoma spôsobmi.:

- Postalgoritmicke, t.j. po skončení algoritmu vytvorením mechanizmu na rozčlenenie jedného okruhu na viacero subokruhov.
- Priamo zásahom do postupnosti krokov zmenou niektorého kroku, alebo pridaním kroku zabezpečujúcim splnenie požiadavky na vytváraný okruh priamo pri jeho výstavbe.

Nasledujúca časť sa bude venovať porovnávaniu dvoch metód a to metóde najbližšieho suseda, ako veľmi jednoduchej metóde s nadväzným zaradovaním vrcholov a hrán do vytváraného okruhu a Clark-Fletcherovej metóde maximálneho zisku, ktorá je zložitejšia a vytváraný okruh vzniká nenadväzným zaradovaním jednotlivých stavebných elementov grafu do okruhu.

Metóda najbližšieho suseda - metóda je založená na myšlienke, že vyhovujúce riešenie sa môže získať, ak trasa bude smerovať z každého vrcholu k jeho najbližšiemu ležiacemu susednému vrcholu. Pri zaradovaní jednotlivých vrcholov do riešenia je potrebné zamedziť opakovanému zaradeniu už zaradených vrcholov a tiež predčasnému uzavretiu okruhu. Táto metóda patrí medzi jednoduché a rýchle, avšak výsledky získané touto metódou nie sú dostatočne kvalitné, a to hlavne pri veľkých sieťach. [1]

Clark-Fletcherova metóda maximálneho zisku - metóda je založená na postupnom zaradovaní jednotlivých hrán grafu do prvotného okruhu tvoreného sledom vychádzajúcim z určeného vrcholu vedúceho postupne ku každému vrcholu grafu a nazad. Pri zaradovaní ostatných hrán grafu začíname hranami, ktoré prinesú maximálne zisky svojím zaradením do existujúceho prvotného okruhu a zároveň tvoria okruh. Hranu zaradíme do existujúceho okruhu, ak je to možné z hľadiska výstavby okruhu a jeho predčasného uzavretia. [1]

Postalgoritmičné riešenie spočíva v tom, že sa jednoducho sčítavajú časy prejdienia hrán a časy potrebné na obsluhu navštívených vrcholov v poradí podľa výsledku úlohy dosiahnutej jednotlivými metódami na grafe. Pri postupnom zaraďovaní vrcholov do príslušného subokruhu sa kontroluje doba návratu zo zaraďeného vrcholu najkratšou cestou do depa. Ak sčítaný čas v i -tom vrchole prekročí časový limit, i -ty vrchol sa stane počiatočným vrcholom pochôdzky ďalšieho doručovateľa respektíve subokruhu. Čas sa začína znova sčítavať od času potrebného na presun doručovateľa z depa do počiatočného vrcholu jeho doručovacej pochôdzky, ktorý začne obsluhovať a ďalej sa vyberajú nasledovné vrcholy z dosiahnutého riešenia atď.

Druhým spôsobom zapracovania čistého času doručovania je priamy zásah do algoritmu. Pri takomto postupe je nutné previesť maticu vzdialeností daného obvodu na maticu časovú (na základe priemernej rýchlosti pohybu doručovateľov) a pripraviť súbor váh jednotlivých vrcholov reprezentujúcich časové zdržanie sa v daných vrcholoch ešte pred použitím samotného pozmeneného algoritmu. Pozmenenie algoritmu už je individuálne pre každý algoritmus. Nie do všetkých algoritmov sa dá robiť takýto zásah, prípadne je to obtiažne. Cieľom stanovenia doručovacích rajónov je výpočet čo najnižšieho počtu subokruhov tak, aby čas zdržania sa na jednotlivých subokruhoch nepresiahol požadovaný čas pochôdzky stanovený na základe poštovej technológie a zároveň, aby sa oba algoritmy správali v podstate rovnako, za predpokladu, že kardinálna podmienka nebude prekročená. Napríklad, keď sa stanoví čistý čas doručovania na 500 minút a prvým spôsobom sa vypočíta okruh veľkosti povedzme 400 minút a nie je teda potrebné vytvárať subokruhy, tak aj druhým spôsobom sa musí dospieť k rovnakému výsledku (nielen, čo sa týka dĺžky trvania, ale aj postupnosti vrcholov). Takto pozmenené metódy označím číslom 2.

Metóda najbližšieho suseda 2 - táto metóda pracuje podobne ako originál, t.j. trasa sa bude smerovať k najbližšiemu susedovi, pričom sa kontroluje, či po zaraďení posledného zaraďeného vrcholu nie je vzniknutá doba potrebná na pochôdzku spolu s dobou potrebnou na návrat do počiatočného vrcholu väčšia ako požadovaná podmienka na dĺžku jednej pochôdzky. Ak sa tak stane, posledný reálne zaraďený vrchol tvorí posledný vrchol doterajšej pochôdzky a hľadá sa najbližší neobslužený vrchol k depu, z ktorého sa postupuje opäť k najbližšiemu neobsluženému vrcholu atď.

Clark-Fletcherova metóda maximálneho zisku 2 - pri tomto spôsobe nedochádza k vytváraniu jedného okruhu, ale viacerých subokruhov. Pri výstavbe jednotlivých subokruhov sa kontroluje splnenie požadovanej podmienky, a len pri jej splnení sa príslušná hrana zaraďí do riešenia. Ako bolo spomínané vyššie, pri pôvodnej metóde na počiatku vznikne okruh, ktorý sa po návšteve každého vrcholu opätovne vracia do depa, odkiaľ postupuje k ďalšiemu vrcholu. Nasledovne sa zaraďujú hrany ktoré prinášajú najväčší zisk, čiže najviac skracujú primárny okruh. Pri pozmenenej metóde sa postupuje obdobne, avšak s tým rozdielom, že nevzniká takto jeden okruh, ale vznikne $n-1$ subokruhov, kde n je počet vrcholov vrátane depa (1.okruh=depo-1.vrchol-depo, 2.okruh=depo-2.vrchol-depo,...,($n-1$).okruh=depo-($n-1$).vrchol-depo). Pre každý okruh sa stanoví čas trvania okruhu (doba príchodu a návratu do depa z vrcholu, ktorý sa zároveň obsluži). Ďalej sa postupuje obdobne ako v pôvodnej metóde zaraďovaním hrán prinášajúcich najväčší zisk. Takto vznikne zlúčením dvoch subokruhov jeden väčší, pričom aktuálny počet všetkých subokruhov sa zníži o 1. Pri takomto zaraďovaní jednotlivých hrán je nutné pred ich zaraďením skontrolovať, či po zlúčení subokruh neprekračuje požadovanú podmienku, a ak presahuje, je nutné zamedziť zaraďeniu takejto hrany do príslušného subokruhu. Takýmto spôsobom vznikne konečný počet subokruhov, ktoré už nie je možné ďalej spájať z dôvodu prekročenia limitujúcej podmienky.

Porovnanie výsledkov

Spomínané metódy sa testovali na dvoch grafoch reprezentujúcich dve časti poštového obvodu Pošty Nitra 11 – Klokočina v Nitre. Každý graf obsahuje približne 180 vrcholov. Jeden graf reprezentuje hustú sídliskovú zástavbu, kde váhy vrcholov jednoznačne prevyšujú váhy hrán a druhý graf reprezentuje časť rodinných domov a okrajové časti sídliska, kde sú váhy hrán a vrcholov vyrovnannejšie, aj keď stále prevláda váha hrán.

tabuľka č.1 Porovnanie dĺžkových a časových rozdielov kvality výsledkov

Databáza Názov metódy	rodinná zástavba		sídlisko	
	Dĺžka[%]	Čas[%]	Dĺžka[%]	Čas[%]
Clark-Fletcher	20,24	2,90	5,32	1,23
Clark-Fletcher 2	Základ	Základ	Základ	Základ
Najbližší sused	23,37	3,35	9,57	2,21
Najbližší sused 2	18,66	2,68	9,73	2,70

Porovnanie sa vykonávalo pri štandardných podmienkach(rýchlosti chôdze 67 metrov/minúta, čistá doba doručovania 6 hodín) a iných podmienkach, kde sa manipulovalo s oboma parametrami. Kvalitatívne rozdiely medzi jednotlivými metódami pri štandardných podmienkach v relatívnom porovnaní sa nachádzajú v tabuľke č.1: Porovnanie dĺžkových a časových rozdielov kvality výsledkov.

Vo všetkých a výsledkoch dosahovala Clark-Fletcherova metóda maximálneho zisku 2 najlepšie hodnoty, preto tvorí bázičku hodnotu a percentá uvedené pri ďalších metódach, uvádzajú o koľko percent bol dosiahnutý výsledok horší od základnej hodnoty. Z hľadiska teórie grafov a celkovej kvality výsledku najviac vypovedá porovnanie dĺžok prejdenej trasy, ale z pohľadu praxe býva zaujímavé aj porovnanie časových rozdielov. Nakoľko v oboch grafových štruktúrach boli dominantné váhy hrán, tak pri porovnaní výsledkov z hľadiska časového rozdiely medzi jednotlivými metódami neboli až také priepastné ako to bolo z hľadiska prejdenej vzdialenosti. K porovnaniu je nutné ešte dodať, že z hľadiska časovej náročnosti strojového výpočtu bola metóda najbližšieho suseda oveľa nenáročnejšia, čomu však zodpovedala aj nižšia kvalita výsledkov.

Porovnanie spôsobov zapracovania kardinálnej podmienky

Ako bolo uvedené vyššie, existujú dva spôsoby zaradenia požiadavky na maximálnu dĺžku subokruhu vyplývajúcu z poštovej technológie. Jeden spôsob spočíva v zapracovaní tejto požiadavky postalgoritmicke. Druhý spočíva v jej zaradení priamo do algoritmu, takže sa vrcholy a hrany zaraďujú do riešenia tak, aby vytvárané subokruhy spĺňali túto požiadavku v každom momente výpočtu.

Pri porovnaní výsledkov dosiahnutých metódou najbližšieho suseda a jej modifikácie je výsledok ich „súboja“ nerozhodný. Obe varianty dosahujú rovnaký výsledok pri porovnaní. Originál tejto metódy dosahuje v dvoch prípadoch lepší výsledok ako jej modifikovaná verzia, v dvoch prípadoch horší a v jednom prípade sa výsledky dosiahnuté oboma verziami zhodujú. Pri porovnaní výsledkov dosiahnutých pozmenenou Clark-Fletcherovou metódou maximálneho zisku 2 je dominancia nad originálnym algoritmom jednoznačná, nakoľko vo všetkých piatich prípadoch sú dosiahnuté výsledky lepšie, ako je to u originálnej metódy.

Ak by sa tieto výsledky iba stroho sumarizovali, dalo by sa povedať, že začlenenie kardinálnej podmienky priamo do príslušného algoritmu je lepšie, ako postalgoritmickejší spôsob zapracovania tejto požiadavky, nakoľko v sumáre druhý spôsob dosiahol v siedmich z desiatich výsledkov lepšiu kvalitu a v jednom zhodnú. Toto konštatovanie sa však pri hlbšom pohľade na výsledky a fungovanie algoritmov nezdá celkom korektné.

U metódy najbližšieho suseda a jej modifikácie sú výsledky v zhode a nie je možné konštatovať, ktorá zo spomínaných modifikácií algoritmu je lepšia, alebo horšia. Nedá sa nájsť ani súvislosť medzi dosiahnutými výsledkami a typom grafovej štruktúry. Dôvod je možné nájsť už v spomínanej filozofii výstavby okruhu pri tejto metóde. Okruh sa pri oboch metódach konštruuje postupnou nadväznou výstavbou okruhu. Čiže na základe splnenia určitej podmienky sa vyberie vrchol a v závislosti na tomto výbere sa vyberá ďalší vrchol na zaradenie. Pri prvom spôsobe sa týmto vykoná výstavba okruhu zahrňujúceho všetky vrcholy. Pri druhom spôsobe sa pri výstavbe okruhu postupuje na rovnakom princípe, s tým rozdielom, že splnenie kardinálnej podmienky sa kontroluje počas výstavby okruhu. To, či bude lepší ten alebo onen výsledok, rozhodne momentálna situácia resp. momentálna hodnota pri výpočte v okamihu rozčlenenia okruhu. K takejto situácii samozrejme nemôže dôjsť pri prvotnom subokruhu, nakoľko tento bude u oboch metód zhodný, ale pri ďalších subokruhoch, kde sa tieto môžu líšiť, a to hlavne so vzrastajúcim počtom týchto subokruhov. Z uvedeného vyplýva, že pri algoritmoch využívajúcich nadväznú výstavbu okruhu sa nedá s istotou predikovať, kedy a za akých podmienok bude dosiahnutý lepší výsledok tou ktorou metódou. Dá sa predpokladať, že so vzrastajúcim počtom vrcholov a hlavne so zvyšujúcim sa počtom subokruhov, bude mierne vzrastať pravdepodobnosť úspešnejšieho výsledku metódy 2.

Pri Clark-Fletcherovej metóde maximálneho zisku a jej modifikácii označenej číslom 2, je už rozdiel medzi dosiahnutými výsledkami jednoznačný. Pri všetkých výsledkoch dosiahnutých na rôznych typoch sietí je výsledok získaný modifikovanou metódou 2 vždy kvalitnejší. Dá sa teda konštatovať, že pri Clark-Fletcherovej metóde maximálneho zisku sa dosiahnu lepšie výsledky, keď sa kardinálna podmienka zapracuje priamo do algoritmu a počítané okruhy spĺňajú danú požiadavku priamo už pri ich výstavbe. Kardinálna podmienka pritom nemusí byť len časová, ale aj iná v závislosti od požiadavky vyplývajúcej z optimalizovaného druhu technológie. Rozdiel, prečo sa pri tejto metóde dá konštatovať, že výsledky dosiahnuté druhým spôsobom pozmeneným algoritmom budú lepšie, ako je to u prvého spôsobu, spočíva v spôsobe výstavby okruhu. Pri tejto metóde dochádza k nenadväznej výstavbe okruhu. Takže hrany zaraďované do okruhu nie sú priamo ovplyvnené predchádzajúcim výberom. Pri výsledkoch tejto metódy sa v drvivej väčšine nezhodujú ani prvé subokruhy, ako je to u oboch modifikácií metódy najbližšieho suseda, čo vyplýva z už spomínanej filozofie výstavby okruhu. Keďže pri metóde najbližšieho suseda dochádza k nadväznej výstavbe okruhu, dá sa jednoznačne konštatovať, ktorý okruh, respektíve subokruh vytvorený jej modifikáciou bol vytvorený prvý. Pri výsledkoch dosiahnutých Clark-Fletcherovou metódou 2 sa to konštatovať nedá, nakoľko sa jednotlivé subokruhy vytvárajú súbežne. Keby nejaká hrana mala po zaradení spojiť dva okruhy, ktoré by v sumáre prekračovali kardinálnu podmienku, tak sa jednoducho do riešenia nezarádi a pokračuje sa so zaraďovaním ďalšej hrany, pričom sa kontroluje tá istá podmienka. Takto výstavba okruhu nie je priamo ovplyvnená posledným výberom hrany či vrcholu, čím sa výrazne zníži pravdepodobnosť možnosti vylúčenia lepšieho následného spojenia, ako je to pri metóde najbližšieho suseda.

V prípade oboch modifikácií metódy najbližšieho suseda je to práve momentálna situácia pri výstavbe okruhu, ktorá ovplyvňuje to, ktorý z daných výsledkov bude lepší. V prípade Clark-Fletcherovej metódy bude táto situácia podobne ovplyvňovať to, ako sa bude originálna metóda s postalgoritmickejším riešením subokruhov približovať kvalitou k pozmenenej metóde druhým spôsobom. Čiže po vytvorení kompletného okruhu prvým

spôsobom sa bude tento „sekat“ na menšie a keď bude v momente, v ktorom sa má rozčleniť, v blízkosti depa, tak výsledok bude kvalitatívne bližšie, a v opačnom prípade sa bude zase kvalitatívne vzdďaľovať. Ďalej bude tento kvalitatívny rozdiel ovplyvňovať aj relatívna veľkosť siete, t.j. čím viac subokruhov bude vytvorených, tým sa bude vzájomná kvalita výsledkov dosiahnutých jednotlivými modifikáciami vzdďaľovať. Vyplýva to z predpokladu, že so zvyšujúcim sa počtom vytváraných subokruhov sa bude zväčšovať aj pravdepodobnosť väčšej vzdialenosti vrcholu od depa v momente rozčleňovania okruhov.

Záver

Ak okruh vzniká nadväzným zaraďovaním hrán respektíve vrcholov do okruhu, tak nie je zaručené, ktorý z výsledkov dosiahnutých jedným alebo druhým spôsobom bude lepší. Ak však okruh vzniká nenadväzným spôsobom, dá sa predpokladať, že ak sa začlení požadovaná podmienka priamo do algoritmu tak, aby sa pri výstavbe kontrolovalo jej splnenie, tak výsledky budú lepšie, ako by to bolo u postalgoritmickeho začlenenia tejto podmienky. Dá sa taktiež predpokladať, že so zvyšujúcim sa počtom vrcholov v grafe a hlavne so zvyšujúcim sa počtom subokruhov sa bude kvalitatívny rozdiel medzi výsledkami dosiahnutými jednotlivými spôsobmi zväčšovať.

Literatúra

- [1] Čorejová, T., Achimský, K., Fitzová, M., Kajánek, B.: Projektovanie sietí v pošte 1; Edičné stredisko VŠDS Žilina, 1995, ISBN 80-7100-238-0
- [2] Pavličko, M.: Optimalizácia doručovacej služby v pošte. Dizertačná práca doktorandského štúdia, Žilina, 2006
- [3] Fitzová, M.: Technologie spojového provozu 1; Alfa, Bratislava, 1985, ISBN 63-730-85
- [4] Madleňák, R.: Návrh optimálneho modelu technológie spracovania poštových zásielok, Dizertačná práca doktorandského štúdia, Žilina, 2003