

# K MOŽNOSTIAM ORGANIZÁCIE PRUŽNEJ POŠTOVEJ PREPRAVNEJ SIETE

Radovan Madleňák<sup>1</sup>

---

---

*Anotace: V súčasnej zložitej hospodárskej a ekonomickej situácii musia všetky firmy prijímať také opatrenia, ktoré by znižovali ich náklady a zvyšovali zisk. Výnimkou nie sú ani národní poštovní operátori, ktorí čoraz intenzívnejšie pociťujú vstup konkurencie na trh. Cieľom tohto článku je priblížiť možnosť pružnej organizácie oblastnej poštovej prepravnej siete na základe dennej skladby prijatých poštových zásielok poštami v obvode OSS, v podmienkach Slovenskej pošty, a.s..*

*Kľúčová slova: prepravná sieť, poštový operátor, optimalizácia*

*Summary: The problem of suitable postal technology system determination is the most important as for filling of the elementary functions of each postal enterprise. A correct decision about its formulations depends on the choosen model of the postal infrastructure with concrete technological method and process. This article dealt with the possibility of flexible postal transportation network construction.*

*Key words: postal transportation network, postal provider, optimization*

## 1. ÚVOD

Zlepšením kvality riadenia poštovej prepravnej siete je možné dosiahnuť významných úspor nákladov a energie a taktiež prispieť ku zlepšeniu životného prostredia znížením množstva škodlivých emisií. Poštová prepravná sieť sa skladá z niekoľkých uzlov vzájomne poprepájaných cestnou sieťou, po ktorej sa uskutočňuje požadovaná preprava poštových zásielok a tvorí teda určitý dopravný systém. Je možné ju zakresliť formou grafu, pričom jednotlivé uzly predstavujú vrcholy a cestná sieť jeho hrany.

## 2. ORGANIZÁCIA POŠTOVEJ PREPRAVY

Organizácia poštovej prepravnej siete vychádza z nasledovných predpokladov:

- hustoty dopravnej siete, ako jedného z nevyhnutných, ale súčasne i obmedzujúcich predpokladov;
- horizontálnej a vertikálnej organizačnej usporiadanosti, dotýka sa jednotlivca a vedie k organizácii vyšších hierarchických stupňov ako koordinovaných organizačných jednotiek s vecnou a časovou rytmikou a

---

<sup>1</sup> Ing. Radovan Madleňák, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra spojov, Univerzitná 1, 01026 Žilina, Slovenská republika, Tel. +421/41/5133124, Fax. +421/41/5655 615, E-mail: Radovan.Madlenak@fpedas.uniza.sk

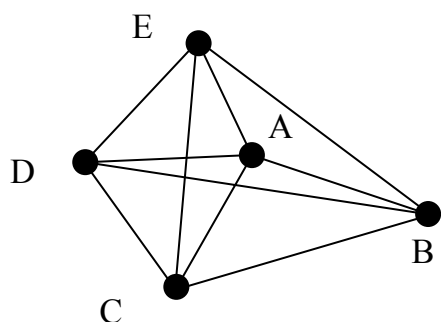
efektívnym jednaním. Pracoviská, ktoré sa nachádzajú na najnižšom stupni vytvárajú predpoklady na začatie a ukončenie procesu poštovej dopravy, vyššie stupne zastávajú funkciu koncentrátora a dopravcu [6];

- organizačného usporiadania prepravnej siete, čo je východiskom pri určovaní druhov dopravy a spojenia v rámci jednotlivých stupňov a medzi nimi [3].

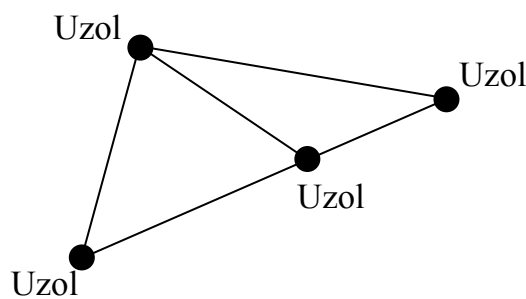
## 2.1. Typy a organizácia spojení v poštovej prepravnej sieti

V poštovej prepravnej sieti sa používajú tieto druhy spojenia [1]:

- **polygonálny** - uzly na sieti sú navzájom prepojené uhlopriečkovým spôsobom (úplný polygón). Ak sú navzájom prepojené iba niektoré uzly, hovoríme o neúplnom polygonálnom systéme. Takéto prepojenie je možné aplikovať v najvyššej úrovni poštovej prepravnej siete.

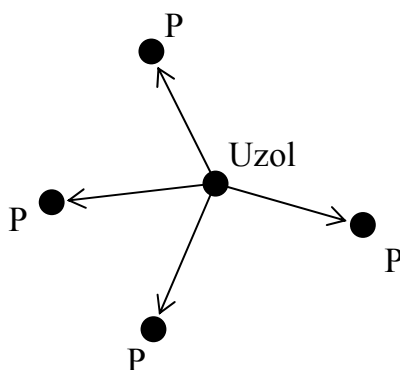


Obr. 1. Úplný polygonálny systém



Obr. 2. Neúplný polygonálny systém

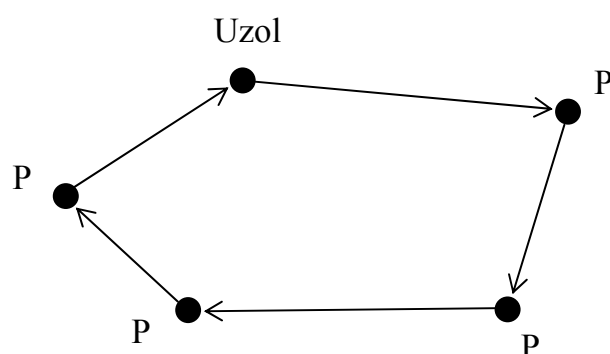
- **hviezdicový** – radiálny - na sieti sú vytvorené uzly, na ktoré sú napojené stacionárne zariadenia. Uplatňuje sa v nižších úrovniach poštovej prepravnej siete.



Obr. 3. Hviezdicový (radiálny) systém

- **okružný** - stacionárne zariadenia sú napojené na uzol prostredníctvom poštového kurzu, ktorý vychádza z počiatočného uzla, postupne navštívi

všetky stacionárne zariadenia a vracia sa späť do počiatočného uzla. Uplatňuje sa v najnižších úrovniach poštovej prepravnej siete v kombinácii s hviezdicovým systémom [2].



Obr. 4. Okružný systém

### 3. METÓDY OPTIMALIZÁCIE POŠTOVEJ PREPRAVY

Pri optimalizácii poštovej prepravnej siete možno použiť rôzne metódy. Medzi najpoužívanejšie patrí úloha obchodného cestujúceho a úloha okružných jász. Úloha obchodného cestujúceho znamená problém nájdenia uzavretej cesty s minimálnou dĺžkou, ktorá navštíví všetky vrcholy grafu a veľkosť požiadaviek neprekročí kapacitu dopravného prostriedku. Najefektívnejšou metódou riešenia úlohy obchodného cestujúceho je metóda vetvenia a hraníc [4].

Úloha okružných jász sa líši od úlohy obchodného cestujúceho tým, že uvažuje s obmedzenou kapacitou dopravného prostriedku. V závislosti od veľkosti požiadaviek v jednotlivých uzloch môže vozidlo uskutočniť viac jász alebo navštíví niektorý uzol niekoľkokrát. Preprava je uskutočňovaná dopravnými prostriedkami, ktorých trasa začína a končí v jednom stredisku. Najznámejšou metódou pre riešenie úlohy okružných jász je Clarke-Wrightová metóda a Fletcher-Clarkova metóda okružných jász. Tieto metódy nám umožňujú nájsť „pomerné dobré“ riešenie, avšak toto riešenie nemusí byť vždy optimálne.

#### 3.1. Metóda vetiev a hraníc

Metóda vetiev a hraníc rieši úlohu diskkrétnej optimalizácie delením množiny prípustných riešení na menšie podmnožiny a výpočtom horného resp. dolného odhadu hodnôt účelovej funkcie všetkých riešení v jednotlivých podmnožinách. Tieto odhady sa používajú k vylúčeniu podmnožín, ktoré nemôžu obsahovať optimálne riešenie a taktiež k určaniu najperspektívnejšej podmnožiny pre ďalšie delenie. Celý výpočet, v ktorom hľadáme prípustné riešenie s minimálnou hodnotou účelovej funkcie, končí získaním jednoprvkovej podmnožiny obsahujúcej jediné riešenie s hodnotou účelovej

funkcie menšou alebo rovnou dolným odhadom hodnôt účelovej funkcie na všetkých ostatných podmnožinách, ktoré v priebehu výpočtu vznikli a neboli ďalej delené. Takéto riešenie musí mať najmenšiu hodnotu účelovej funkcie, vzhľadom ku všetkým prípustným riešeniam úlohy a je teda optimálnym riešením [7].

Pri vylučovaní podmnožín prípustných riešení sa využíva skutočnosť, že hodnota účelovej funkcie akéhokoľvek prípustného riešenia úlohy je pri minimalizácii horným odhadom hodnoty účelovej funkcie optimálneho riešenia. Ak poznáme nejaké prípustné riešenie úlohy alebo aspoň hodnota jeho účelovej funkcie, je možné z procesu vyhľadávania optimálneho riešenia vylúčiť všetky podmnožiny, ktorých dolný odhad hodnoty účelovej funkcie je väčší ako hodnota účelovej funkcie známeho riešenia.

Pokiaľ určíme najperspektívnejšiu podmnožinu pre ďalšie vetvenie vychádza sa z hypotézy, že najväčšia pravdepodobnosť pre nájdenie riešenia s najmenšou účelovou funkciou je u podmnožiny s najmenším dolným odhadom. Táto hypotéza nemusí byť pravdivá, pretože veľkosť dolného odhadu nebýva vždy úmerná minimálnej hodnote účelovej funkcie na riešeniach príslušnej podmnožiny.

V niektorých variantoch metódy vetiev a hraníc preto v prípade, keď dolné odhady novo vzniknutých podmnožín „najperspektívnejšej“ podmnožiny sa zvýši tak, že niektorá iná podmnožina má dolný odhad (hranice) nižší, je hypotéza považovaná za nepodloženú. Pre ďalšie vetvenie je potom vybraná tá podmnožina, ktorá má najnižší dolný odhad zo všetkých doposiaľ nerozdelených podmnožín.

Algoritmus, ktorý realizuje metódu vetiev a hraníc je určený nasledovnými faktormi:

- a) Postupom výpočtu dolného odhadu hodnôt účelovej funkcie na prípustných riešeniach z danej podmnožiny.
- b) Spôsobom vetvenia určenej podmnožiny prípustných riešení na dve alebo viac menších podmnožín.
- c) Pravidlom pre určenie podmnožiny pre spracovanie v ďalšom kroku.

Proces vetvenia je možné znázorniť pomocou stromu, ktorého koreňom je množina všetkých prípustných riešení. Vetvy potom odpovedajú získaným podmnožinám a listy doposiaľ nerozdeleným podmnožinám prípustných riešení.

Algoritmy založené na metóde vetiev a hraníc využívajú obyčajne jedno z dvoch nasledujúcich spôsobov vytvárania a prehľadávania stromu podmnožín prípustných riešení. Je to jednak prehľadávanie do hĺbky, v ktorom je použitý spätný návrat k najbližšiemu vrcholu stromu a ďalej usmernené prehľadávanie, pri ktorom je v každom kroku podľa zvoleného kritéria vyhodnocovaný najperspektívnejší list a ten je vetvený v ďalšom kroku. Druhý algoritmus sa od prvého líši hlavne poradím preberania podmnožín stromu vetvenia a v dôsledku toho i štruktúrou, v ktorej sú uschovávané listy stromu [3].

### 3.2. Clark-Wrightová metóda

Clark-Wrightová metóda vychádza z počiatočného neefektívneho riešenia, kde každá okružná jazda uspokojí požiadavku jedného uzla. Jedná sa o jazdy tvaru 0-j-0 o celkovom počte N jász, kde j-tá jazda prepraví záťaž  $b_j$ . V každom ďalšom kroku sú vybrané podľa určitého kritéria výhodnosti dve okružné jazdy a tieto sú spojené v jednu jazdu podľa nasledujúcej schémy:

- Jazda A: 0-p-r-s-i-0,
- Jazda B: 0-j-u-v-z-0.
- Spojenie jász A a B : 0-p-r-s-i-j-u-v-z-0 alebo 0-j-u-v-z-p-r-s-i-0.

Pokiaľ nezáleží na smere, v ktorom sú jednotlivé trasy prechádzané, sú možné ešte ďalšie kombinácie, ale vždy sa spájajú len krajné uzly jász. V tomto prípade uzly  $\{p,i\}$  s krajnými uzlami  $\{j,z\}$ .

Jazdy sa môžu spájať iba vtedy, ak bude vzniknutá jazda vyhovovať podmienkam prípustnosti, napríklad: súčet záťaže jász A a B nesmie prekročiť kapacitu vozidla K. Ľahko je možné kontrolovať aj splnenie iných globálnych podmienok ako je maximálna dĺžka trasy, doba trvania jazdy, počet navštívených uzlov a podobné podmienky, kde kontrolovaná veličina novej jazdy je závislá iba na odpovedajúcich veličinách spojovaných jász, resp. na spojovaných uzloch.

Výhodnosť alebo nevýhodnosť spojenia dvoch uzlov určuje vzniknutá úspora dĺžky trasy. Napríklad spojením jász A a B tak, že sa prepoja uzly  $i,j$ , dostaneme úsporu

$$v_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}, \text{ kde}$$

$c_{i0}$  .... cesta z  $i$  do 0

$c_{0j}$  .... cesta z 0 do  $j$

$c_{ij}$  .... cesta z  $i$  do  $j$

Clark-Wrightova metóda spojí v každom kroku tie dva uzly, ktoré majú najvyšší koeficient úspor  $v_{ij}$ , pokiaľ sú splnené podmienky prípustnosti. Výhodou tejto metódy je, že koeficient  $v_{ij}$  závisí len od vzájomných vzdialeností uzlov  $i, j$  a 0 a nemení sa pokiaľ je možné tieto dva uzly spojiť.

### 3.3. Fletcher-Clarkova metóda

Táto metóda vychádza z triviálneho riešenia, ktoré sa získa tak, že každá okružná jazda bude realizovať požiadavku iba jednej pošty, to znamená, že dopravný prostriedok pôjde z nadradeného uzla k jednotlivým poštám a vždy sa vráti naspäť. Toto riešenie však vo väčšine prípadov nie je optimálne. Výhodnejšie riešenie je možné získať postupným spájaním vrcholov, čiže pôšt. Skrátenie cesty ale nastane iba vtedy, ak cesta z nadradeného uzla na poštu  $i$  a poštu  $j$  bude kratšia ako cesta z  $i$  do

nadradeného uzla a z nadradeného uzla do j, čiže  $0-i-j-0 < 0-i-0 + 0-j-0$ . Dosiadnutá úspora sa vypočíta podľa vzťahu:

$$v_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}, \text{ kde}$$

$c_{i0}$  .... cesta z i do 0

$c_{0j}$  .... cesta z 0 do j

$c_{ij}$  .... cesta z i do j

Pretože na začiatku je možné spojiť ľubovoľné dva vrcholy, ktorých koeficienty  $a_i, a_j$  spĺňajú nerovnosť  $a_i + a_j \leq A$ , kde  $a_i$  a  $a_j$  sú požiadavky pošty i a j a A je kapacita dopravného prostriedku, je potrebné určiť tie dva vrcholy, ktorých spojením sa ušetrí najväčšia vzdialenosť. Preto sa vypočítajú všetky  $v_{ij}$  z matice vzdialeností a tým sa získa matica úspor, z ktorej vyplýva  $v_{ij} = v_{ji}$ . Potom najväčší kladný koeficient  $v_{ij}$ , pre ktorý platí  $a_i + a_j \leq A$ , zodpovedá dvojici hľadaných vrcholov.

Pri spojovaní cyklov obsahujúcich viac vrcholov je treba kontrolovať, či sa neprekročí kapacita vozidla. Preto sa zavádza pre každý cyklus  $0-i_1-i_2-\dots-i_k-0$  funkcia

$$Q(0-i_1-\dots-i_k-0) = a_{i_1} + a_{i_2} + \dots + a_{i_k}$$

a spájať sa budú vrcholy  $i, j$  z cyklov  $S_i, S_j$ , pre ktoré platí  $Q(S_i) + Q(S_j) \leq A$ . Týmto spôsobom je možné spájať iba vrcholy (pošty), ktoré majú priame spojenie s nadradeným uzlom. Z toho dôvodu sa zavedie pole  $g_i$  pre  $i=1, \dots, n$  kde:

$g_i = 0$  ak vrchol i nie je priamo prepojený s vrcholom 0,

$g_i = 1$  ak vrchol i je prepojený jednou hranou s vrcholom 0,

$g_i = 2$  ak vrchol i je prepojený dvoma hranami s vrcholom 0.

Aby sa mohli spojiť vrcholy i a j, musí platiť podmienka  $g_i > 0$  a súčasne  $g_j > 0$ .

Z hľadiska tvorby pružnej prepravnej siete na základe požiadaviek optimalizácie poštovej prepravy v rámci zvolenej časti poštovej prepravnej siete národného poštového operátora a charakteru dopravenej siete je najvhodnejšie použiť Clarke-Wrightovú metódu okružných jász.

#### 4. VÝSLEDKY

Pre optimalizáciu a tvorbu pružnej poštovej prepravnej siete v podmienkach národného poštového operátora bola vybraná Clarke-Wrightová metódu okružných jász. Algoritmus tejto metódy je však popísaný všeobecne, a preto bolo nutné ho najskôr upraviť konkrétnym podmienkam. Ako vzorový príklad konštruovania pružnej prepravnej siete bol zvolený atrakčný obvod oblastného spracovateľského strediska Žilina.

Pri výpočte matice úspor sa teda vychádza z matice minimálnych vzdialeností medzi jednotlivými uzlami poštovej siete v príslušnom atrakčnom obvode, ktorú je nutné na začiatku definovať. Ako podmienka prípustnosti bola zvolená dĺžka trate. Predpokladaná priemerná rýchlosť dopravného prostriedku (poštového kurzu) bola stanovená na 40 km/h a čas, za ktorý musia byť všetky pošty v atrakčnom obvode obslužené bol nastavený na 3 hodiny. Z tohto vyplýva, že dĺžka trate nesmie presiahnuť 120 km pre jeden poštový kurz [5].

Všeobecný Clarke-Wright algoritmus po náležitej úprave má nasledovný tvar:

1. Zadáť maticu minimálnych vzdialeností  $\{c_{ij}\}$  medzi jednotlivými uzlami poštovej prepravnej siete.
2. Podľa vzťahu  $v_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$  vypočítaj maticu úspor, pričom  $i \neq j$  a  $i, j \neq 0$ . Nadefinuj množinu aktívnych uzlov  $A = \{1, \dots, N\}$  a množinu okružných jazd jazdami  $0-j-0$ ,  $j = 1 \dots N$ .
3. Z matice  $\{v_{ij}\}$  vyber najväčšiu kladnú hodnotu pre  $i \in A$  a  $j \in A$ . Pokiaľ také  $v_{ij}$  neexistuje, algoritmus končí a súčasná množina okružných jazd je výsledným riešením algoritmu. Ak také  $v_{ij}$  existuje, prejdí na krok 4.
4. Skontroluj, či spojením uzlov  $i$  a  $j$  vznikne prípustná okružná jazda, resp. či je splnená podmienka  $c_{0i} + c_{ij} + c_{j0} \leq 120$ . Ak nevznikne polož  $v_{ij}=0$  a prejdí na krok 3, v opačnom prípade pokračuj krokom 5.
5. Aktualizuj množinu aktívnych uzlov  $A$  vybratím uzlov  $i$  a  $j$ , ak spojením jazdy prestali byť krajnými uzlami cesty. Polož  $v_{ij}=0$ . Aktualizuj množinu okružných jazd výberom spojených jazd a vložením novej jazdy vrátane aktualizácie dĺžky trate. Polož  $v_{pz}=0$  pre krajné uzly  $p$ , z novo vzniknutej jazdy a prejdeme na krok 3.

## 5. ZÁVER

Z aplikácie algoritmu v reálnych podmienkach atrakčného obvodu OSS Žilina vyplýva, že navrhované riešenie, ktorého výsledkom je vytvorenie pružných poštových kurzov v závislosti od požiadaviek siete je lepšie ako súčasné, pretože dochádza k úspore nákladov na prevádzku poštových kurzov. V priebehu jedného pracovného týždňa sa dĺžka trate poštových kurzov optimalizáciou znížila o 692 km a sumárny čas vedenia poštových kurzov sa znížil až o 17 hodín a 9 minút.

Navrhované riešenie taktiež zvyšuje bezpečnosť poštových kurzov, pretože počet poštových kurzov a ich dopravná trasa nebude rovnaká, ale sa bude meniť od požiadaviek jednotlivých uzlov siete (pôšt).

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČOREJOVÁ, T., ACHIMSKÝ, K., FITZOVÁ, M., KAJÁNEK, B. Projektovanie sietí v pošte I. Edičné stredisko VŠDS, Žilina, 1995, ISBN 80-7100-238-0
- [2] KREMEŇOVÁ, I., PAĎOUROVÁ, A.: Možnosti riešenia a modelovania priestorového a časového presunu výrobkov, In: Diagnostika podniku, controlling a logistika : II. medzinárodná vedecká konferencia : Žilina, 16. marec 2004 : zborník príspevkov. - Žilina: Žilinská univerzita v EDIS, 2004. - ISBN 80-8070-208-X. - S. 247-251.
- [3] MADLEŇÁK, R.: Návrh optimálneho modelu technológie spracovania poštových zásielok. Dizertačná práca, Katedra spojov Fakulta PEDAS, Žilinská univerzita v Žiline, 2003.
- [4] MADLEŇÁKOVÁ, L.: K problematike prístupu k poštovej sieti a tvorbe tarifného systému, In: Perner's Contacts, elektronický odborný časopis o technológii, technice a logistice v doprave. - ISSN 1801-674X. - Roč. 1, č. 3 (2006), s. 52-58.
- [5] MAJERČÁKOVÁ, M.: Využívanie poštových a telekomunikačných služieb malými a strednými podnikmi vo vybranom regióne, In: POSTPOINT 2005 : medzinárodná konferencia zástupcov poštových správ a univerzít. Katedra spojov - ŽU Žilina : Žilina 28. - 30. september 2005 : zborník prednášok. - Žilina: Žilinská univerzita, 2005. - ISBN 80-8070-454-6. - S. 154-159.
- [6] ŠVADLENKA L. Management v poštovních službách. První vydání. Univerzita Pardubice, 2006. 121 s. ISBN 80-7194-714-8.
- [7] VACULÍK, J., MAŽÁRI, P.: RFID - Rádiofrekvenčná identifikácia v poštových službách (1), In: AT&P journal. - ISSN 1335-2237. - Roč. 11, č. 9 (2004), s. 44-45.

## GRANTOVÁ PODPORA

- **1/1265/04 VEGA MŠ SR a SAV** - Výskum sieťových procesov v rámci odvetvových zoskupení firiem SR
- **1/2591/05 VEGA MŠ SR a SAV** - Vplyv výberu efektívnej stratégie na udržiavanie konkurencie schopnosti podniku v rámci liberalizácie poštových trhov
- **I15-07-140** - Optimalizácia a vizualizácia prepravnej siete verejného poštového operátora na regionálnej úrovni

Recenzent: doc. Ing. Juraj Vaculík, PhD.  
Žilinská Univerzita v Žiline