

GIS resources and techniques for location of service centers (GIS prostriedky a metódy pre umiestnenie obslužných centier.)

*Ing. Peter Matis
Katedra dopravných sietí
Žilinská univerzita Žilina
Univerzitná 1
010 26 Žilina
E-mail: Peter.Matis@fri.utc.sk*

Abstract

Location of distribution centers is important with a delivery of services and goods on the large-scale territory with a high-density transport network and uniform or non-uniform settlement. Problem of centers location is complex and consistent if the location is studied from the different views of different group of people that are affected by these locations.

In this paper are described techniques for location of service centers considering chosen criterions, that represent economical and sociological evaluation chosen location of distribution centers. We examined these techniques on the existing distribution network of Slovak Post and we projected, using these techniques, a new location for distribution centers. We have examined whole Slovak republic. Main goal by which we chose evaluating criterions has been to slim down the operations and grow efficiency of the existing network of distribution centers with the maintenance of the quality for services that Slovak Post provides. We have used following criterions:

- Expenses used for transportation of postal matters*
- Expenses used for maintenance and operations of distribution centers*
- Accessibility of services provided by the distribution centers for potential customers*
- Speed of delivery for the postal matters*

We have used also others criterions that are not listed here and are independent or dependent on the criterions above. Criterions were first examined separately and results of analysis were integrated into the GIS. Consequently we have identified two conflicting group of people that has interest in the centers location. First group has represented the ones that want to grow efficiency and slim down the operations with the distribution of the postal matters and second group has represented the customers of the services. We have studied conflicts between each criterion and the conflicts between the goals for these two groups. We have chose and apply techniques for evaluation of complex problem with many goals.

We expect that location of service centers will not change too often in opposite to possible changes in values and priorities of criterions. Therefore we have evaluated the sensibility of our model on the input data and changes in criterions.

All the results have been processed and presented with available GIS tools to the thematic maps.

Abstrakt

Pri poskytovaní služieb alebo tovarov na rozsiahlom území s hustou dopravnou sieťou a rovnomerným alebo nerovnomerným osídlením je dôležité umiestnenie centier, ktoré obsluhujú časti skúmaného územia. Úloha umiestnenia centier je komplexná a úplná ak je umiestnenie skúmané z pohľadov rozličných skupín ľudí, ktorých sa toto umiestnenie dotýka.

V príspevku sú popísané metódy pre umiestnenie obslužných centier s ohľadom na vybrané kritéria, ktoré reprezentujú ekonomické a sociologické hodnotenie vybraného umiestnenia obslužných centier. Metódy sme skúmali na existujúcej sieti distribučných centier Slovenskej Pošty š.p. a s pomocou týchto metód sme navrhli nové umiestnenia distribučných centier. Skúmané územie predstavuje celé územie Slovenskej republiky. Vybrané kritéria sledovali hlavný cieľ zoštíhliť a zefektívniť existujúcu sieť distribučných centier pri uchovaní kvality poskytovaných služieb. Použili sme nasledovné kritéria:

- *náklady spojené s prepravou poštových zásielok*
- *náklady potrebné na údržbu a chod distribučných centier*
- *dostupnosť služieb poskytovaných distribučnými centrami pre potencionálnych užívateľov*
- *rýchlosť prepravy poštových zásielok*

Okrem týchto boli použité aj ďalšie kritéria, ktoré boli od vyššie spomenutých nezávislé alebo boli kombináciou štyroch vyššie uvedených kritérií. Kritéria boli najskôr posudzované oddelene a výsledky analýzy boli integrované do GIS. Následne sme identifikovali dve konfliktné skupiny ľudí a to ľudí ktorí chcú zefektívniť operácie spojené s distribúciou poštových zásielok a ľudí ktorí využívajú služby pošty. Skúmali sme konfliktnosť jednotlivých kritérií a konfliktnosť cieľov týchto dvoch skupín ľudí a boli navrhnuté a použité metódy na hodnotenie komplexných úloh s viacerými cieľmi.

Keďže predpokladáme, že umiestnenie centier sa nebude často meniť, zatiaľ čo hodnoty jednotlivých kritérií, ktoré sme použili pri posudzovaní umiestnenia centier, sa môžu s časom meniť skúmali sme aj citlivosť nášho modelu na vstupné údaje a zmenu kritérií.

Všetky výsledky boli spracované a prezentované dostupnými prostriedkami GIS do tematických máp.

1. Umiestnenie obslužných centier a metódy použité pri návrhu nového umiestnenia obslužných centier

Skúmanie polohy obslužných centier a jej vplyvu na kvalitu poskytovaných služieb je dôležitý faktor pri posudzovaní spoľahlivosti a kvality služby ako takej. Naša fakulta sa dlhodobo venuje problémom dostupnosti a metódam na meranie a vyhodnocovanie dostupnosti inštitúcií k obyvateľstvu. V našom výskume, ktorý bol súčasťou Vedecko technického projektu „Zvýšenie kvality lokalizačných služieb poskytovaných mobilnými operátormi“ získaného z ministerstva školstva Slovenskej republiky, sme hľadali a skúmali vhodné metódy na meranie dostupnosti distribučných centier Slovenskej pošty š.p. a pomocou lokačných metód sme hľadali iné umiestnenia distribučných centier tak aby sme dosiahli lepšiu dostupnosť poskytovaných služieb a zefektívniť procesy vykonávané v distribučných centrách.

Distribučné centrá (DC) Slovenskej pošty š.p. pôvodne nazývané aj dodávacie pošty predstavujú centrá do ktorých sú distribuované zásielky za účelom ich ďalšej distribúcie alebo odovzdania koncovému zákazníkovi. Z pohľadu hierarchického členenia Slovenská pošta š.p. pozná tri úrovne DC a to Hromadné distribučné centrá (HDC), tieto predstavujú centrá kde sa poštové zásielky sústreďujú a následne triedia, väčšinou automatizovanými triediacimi linkami, a nakladajú na vhodný dopravný prostriedok, ktorým sú zásielky dopravené do iného HDC alebo príslušného Dodávateľko – distribučného centra (DDC). Slovenská pošta š.p. v súčasnosti operuje so štyrmi HDC a to v Bratislave, Žiline, Zvolene a Košiciach. DDC sú podriadené konkrétnemu HDC a zásielky sú do nich posielané zvyčajne len z nadriadeného HDC. Zvyčajne sú umiestnené vo väčších mestách alebo okresných mestách, ktoré disponujú vhodnou infraštruktúrou a zvyčajne aj predstavujú prirodzené centrum danej oblasti. Slovenská pošta uvažuje o celkovom počte 42 DDC. My sme sa pokúsili navrhnúť ich umiestnenie s ohľadom na minimalizáciu nákladov spojených s dopravou zásielok z HDC a ich následnou redistribúciou do Distribučných centier (DC). DC predstavujú koncový bod v distribúcii zásielok smerom k zákazníkovi. Zásielky sú z DC jednotlivými doručovateľmi doručované k zákaznikom pochôdzkou. Umiestnenie DC a ich priradenie k DDC má významný vplyv efektívnosť a kvalitu distribúcie a významne ovplyvňuje náklady spojené s prepravou a distribúciou zásielok. Slovenská pošta v súčasnosti uvažuje o redukcii počtu DC a akumulácii ich funkcií do 800 DC. My sme sa v našej práci pokúsili navrhnúť optimálny počet DC a ich umiestnenie a priradenie k DDC s ohľadom na technologické, prevádzkové požiadavky ale aj z hľadiska dopravných nákladov.

Pri výbere vhodných prostriedkov pre udržiavanie údajov, ich prezentovanie a dostupné analýzy sme dospeli k poznaniu, že aj keď GIS prostriedky poskytujú v súčasnosti veľa pomocných a potrebných funkcionalít, a v mnohom sa jednotlivé GIS dopĺňajú alebo sú duplicitné, nie vždy sa dá využiť celý aparát funkcií ktoré GIS poskytuje, alebo nie vždy GIS poskytuje potrebné funkcie. A aj keď je na trhu množstvo špecializačných aplikácií poskytujúcich niektoré vlastnosti ktoré sme my potrebovali mi sme sa rozhodli vykonať väčšiu časť analýz svojimi vlastnými prostriedkami, ktoré sme naprogramovali v jazyku C++ a Delphi. Tieto sme spojili s Arcview nakoľko údaje sme udržiavali v GIS databáze a v GIS prostredí sme následne vytvorili tematické mapy znázorňujúce jednotlivé riešenia. Určité množstvo analýz sme vykonali v Idrisi a tieto sme potom spojili s ostatnými výsledkami.

2. GIS databáza

Pre modelovanie umiestnenia DC a ich obsluhy bolo potrebné získať a udržiavať veľké množstvo údajov, ktoré sme robili v podobe ESRI shapefile. V našom prípade bola táto voľba výhodná nakoľko sme potrebovali pristupovať ku GIS údajom z externých programov a ESRI zverejnilo štruktúru shapefile.

Veľká časť databázy bola tvorená zo základných máp ZM 1:10000 získaných od Geografického a kartografického ústavu. Vektorizáciou vlastnými zdrojmi sme získali

- vrstvu nadmorských výšok
- cestnú sieť celého územia SR
- uličnú sieť všetkých obcí a miest SR
- hranice intravilánu obcí a miest SR
- hranice extravilánu územno technických jednotiek (ÚTJ)
- hranice administratívneho členenia SR na okresy a kraje

V spolupráci so Slovenskou Poštou š.p. sme získali

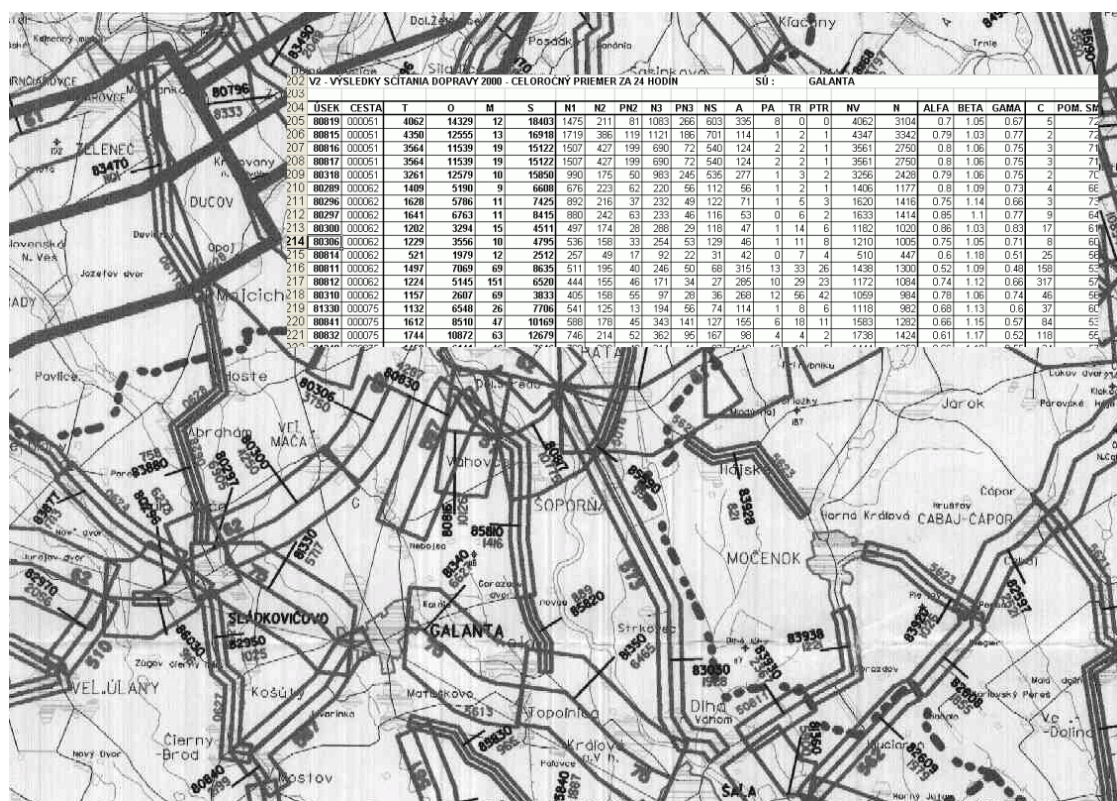
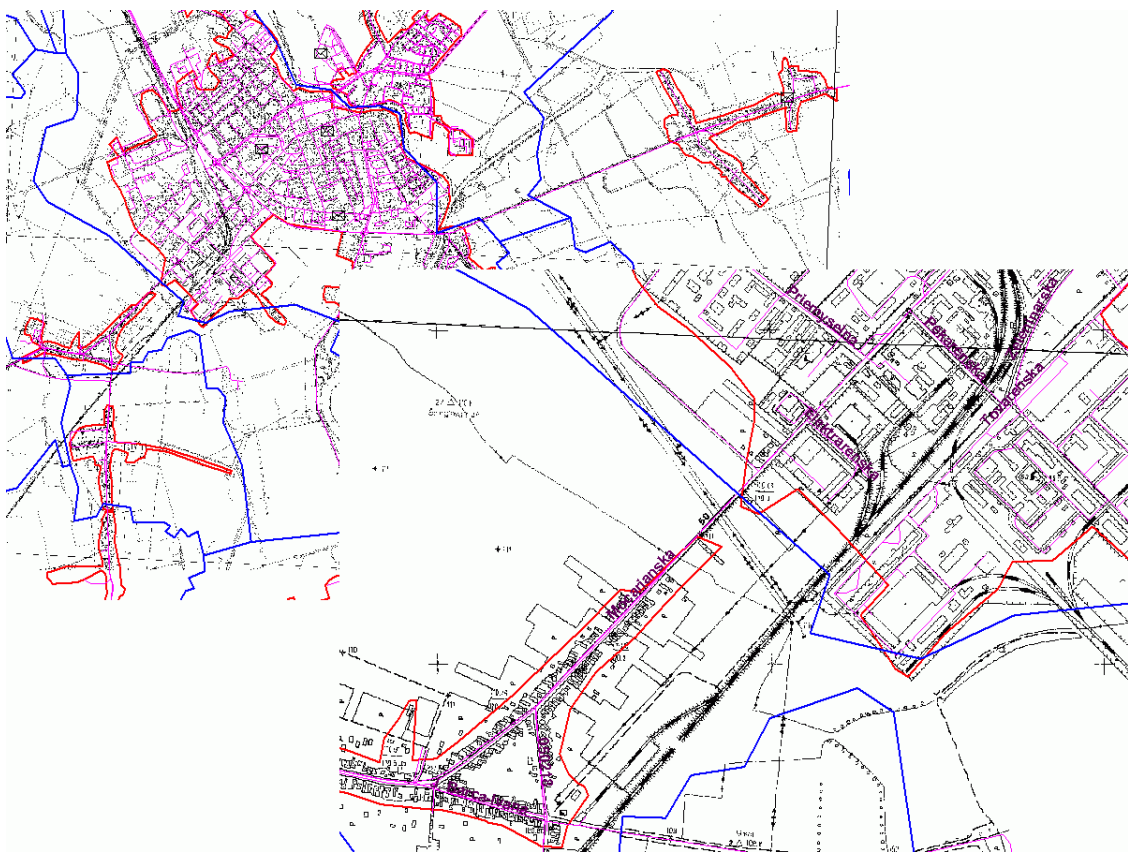
- údaje o polohe existujúcich pôšt (DC) a technické a iné parametre pôšt
- údaje o polohe a parametre poštových listových schránok
- hranice administratívneho členenia územia obsluhovaného DC, DDC, HDC

Zo Štatistického úradu SR sme získali

- údaje o počtoch obyvateľov a veková skladba obyvateľstva za jednotlivé obce a mestá

Zo Slovenskej správy ciest sme získali

- údaje o dopravných prúdoch na cestnej sieti



3. Priradenie DC k DDC

V prvej časti sme sa pokúsili preskúmať územie Slovenska a stanoviť ideálne rozdelenie územia medzi jednotlivé DDC tak aby dopravné náklady spojené s distribúciou boli minimálne. Použili sme nasledujúce nákladové funkcie, ktoré hodnotia dopravné a iné náklady spojené s priradením daného územia k jednotlivým RPC. K tomu aby sme mohli presne stanoviť dopravné náklady sme potrebovali vzdušnú a cestnú vzdialenosť medzi DC a DDC, ďalej sme potrebovali priemerné množstvo zásielok do jednotlivých obcí. Údaje o priemernom množstve zásielok do jednotlivých obcí nám neboli prístupné preto sme sa pokúsili nahradiť odhadmi ktoré vychádzali z počtu obyvateľov obcí. Jednotlivé DDC sme limitovali kapacitne, keďže súčasne existujúce DDC majú svoje technologické obmedzenia, a Slovenská pošta neuvažuje o ich rozširovaní. Pri výpočte sme používali väčšinou vzdialenosti po ceste nakoľko distribúcia zásielok z DDC do DC je uskutočňovaná automobilovou dopravou.

$F1 = \sum_i \text{Počet obyvateľov všetkých obcí patriacich k } DC_i * \text{Vzdušná Vzdialenosť } DC_i \text{ k DDC.}$

$F2 = \sum_i \text{Počet obyvateľov všetkých obcí patriacich k } DC_i * \text{Vzdialenosť } DC_i \text{ k DDC po ceste.}$

$F3 = \sum_i \text{Odhadovaný počet zásielok} * \text{Vzdialenosť } DC_i \text{ k DDC po ceste.}$

$F4 = \sum_i \text{Odhadovaný počet zásielok} * \text{Upravená vzdialenosť } DC_i \text{ k DDC po ceste.}$

Kde,

Odhadovaný počet zásielok = $\sum_i \text{Počet obyvateľov obce}_i * \text{Priemerný počet zásielok pre vekovú skupinu ktorá odpovedá priemernému veku obyvateľov obce.}$

a

Odhadovaný počet zásielok v DC $\leq$ Kapacita DC

Funkciu F1 sme modelovali v Idrisi, ale s výsledkami sme neboli veľmi spokojní nakoľko Slovensko je pomerne členité a táto funkcia často priradila nezmyselné obce k DDC lebo síce boli vzdušnou vzdialenosťou veľmi blízko ale neexistuje medzi nimi dopravné spojenie alebo je veľmi vzdialené.

Funkcie F2, F3 a F4 počas experimentovania dosahovali podobné výsledky a tieto sme použili pri našom návrhu priebehu hraníc územia DDC. Pri funkcii F4 sme vzdialenosť po ceste upravili a to tak že sme zohľadnili priemernú cestovnú rýchlosť na jednotlivých úsekoch cesty. Táto je ovplyvnená typom vozovky, terénom, počtom obcí cez ktoré musí prejsť a veľkosťou dopravného prúdu.



Obr. č. 3 Hranice obsluhovaného územia DDC

Na obrázku číslo 3 sú červenou čiarou zobrazené hranice územia pre DDC ako sme ich určili použitím funkcie F3. Nami odhadovaná úspora predstavuje asi 8% dopravných nákladov spojených s distribúciou zásielok z DDC k DC.

4. Umiestnenie DC a určenie hraníc územia obsluhovaného DC.

Slovenská pošta š.p. v súčasnosti využíva 1468 DC na celom území Slovenskej republiky. V budúcnosti sa uvažuje zefektívniť sieť DC tak aby bola zachovaná poskytovaná kvalita služieb ale aby sa mohli činnosti týkajúce sa distribúcie kumulovať v združených DC. Naším cieľom bolo pokúsiť sa pre nami stanovené územie určiť optimálne umiestnenie distribučných centier v tomto území a priradiť tieto centrá k DDC. Pre umiestnenie centier sme použili nasledovné kritéria:

- náklady spojené s prepravou poštových zásielok
- náklady potrebné na údržbu a chod distribučných centier
- dostupnosť služieb poskytovaných distribučnými centrami pre potencionálnych užívateľov
- rýchlosť prepravy poštových zásielok

Okrem toho sme zohľadnili nasledovné kritéria:

- dodržanie ustanovení Požiadavok na kvalitu poskytovania univerzálnej poštovej služby - Čl. 8

- počet obyvateľov v sídle pošty (DC) je viac ako 5000 obyvateľov - Čl. 6 ods. 2
- výhodné geografické umiestnenie pošty (pošta dostupná verejnou dopravou, pošta umiestnená vo významnom sídle v danej oblasti)
- technologické parametre ako: vlastná budova, možnosť parkovania, vnútorné priestory vhodné pre umiestnenie doručovateľov
- možnosť využiť už existujúce DC

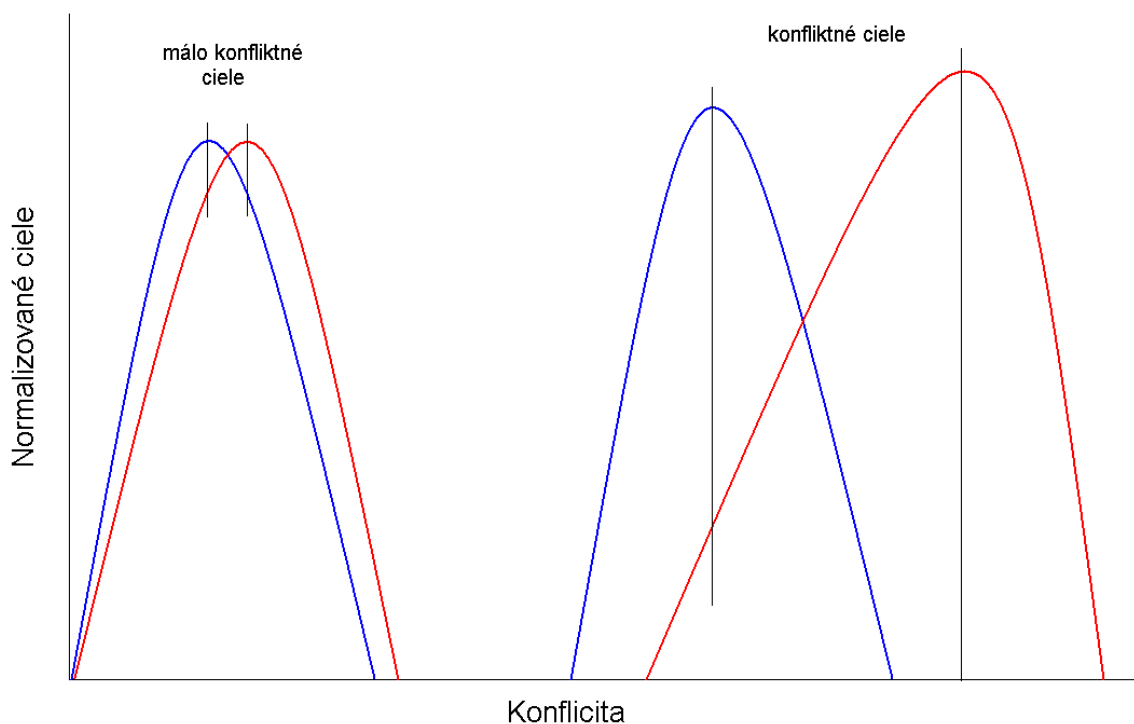
Pri riešení sme použili vlastné algoritmy ktoré zohľadňovali vyššie spomenuté kritéria a vlastnú pozíciu DC a priradenie územia spravovaného DC sme robili pomocou heuristik na riešenie lokačno-alokačných úloh. Ako najvýhodnejšia heuristika pre daný typ problému sa osvedčila heuristika „TABU Search“ v kombinácii s mikrooptimalizáciami. Pri stanovení hranice územia, ktoré má byť obsluhované jedným DC sme dodržali hranice intravilánu a extravilánu, tak aby jedna obec bola obsluhovaná z jedného DC. Priebeh hodnôt jednotlivých kritérií sme modelovali pomocou fuzzy kriviek, ktoré sme zostavili s pomocou odborníkov v daných oblastiach.

Veľmi dôležitou časťou našej práce bolo skúmanie ako má naše riešenie vplyv na rozličné záujmové skupiny. V našom prípade sme skúmali vplyv návrhu polohy DC na ciele, ktoré majú riadiaci pracovníci Slovenskej pošty š.p. s primárnym cieľom efektívnosti siete DC. Druhou záujmovou skupinou, ktorú sme sledovali, boli zákazníci Slovenskej pošty š.p., ich cieľom je dostupnosť k službám, ktoré DC poskytujú. Počas riešenia úloh s dvoma a viac cieľmi sme skúmali dve možnosti ich riešenia.

1. Vytvoriť jeden cieľ ktorý by mohol byť spoločný pre všetky záujmové skupiny a snažiť sa jednotlivé ciele zakomponovať do tohto cieľa a do dodatočných kritérií.
2. Riešiť úlohu s jednotlivými cieľmi na sebe nezávislými a potom nájsť také riešenie ktoré by bolo akceptovateľné jednotlivými záujmovými skupinami.

V našom prípade sme sa rozhodli pre riešenie pomocou druhého spôsobu. Prvý spôsob kombinácie cieľov sa používa často hlavne pri riešení optimalizačných úloh pomocou operačnej analýzy. Takýto spôsob riešenia úloh s viacerými cieľmi však skrýva v sebe mnoho úskalí, ako najhlavnejšie je treba spomenúť to, že deformuje priestor v ktorých sa jednotlivé ciele majú riešiť. Najčastejšie používaným spoločným cieľom sú náklady. Je ovšem ťažké predpokladať že keď sa prevedú všetky ciele do nákladov (peňazí) tak dokážeme nájsť také riešenie ktoré bude vyhovovať jednotlivým záujmovým skupinám. Je takmer nezmyslom spýtať sa ekológa koľko stojí to že niekde sa zničí nejaký prírodný biotop.

Ciele z hľadiska vzťahov môžeme chápať ako indiferentné, nekonfliktné alebo málo konfliktné a silno konfliktné. Vid' obr č. 4. V našom prípade ciele spomenutých dvoch skupín sú konfliktné.

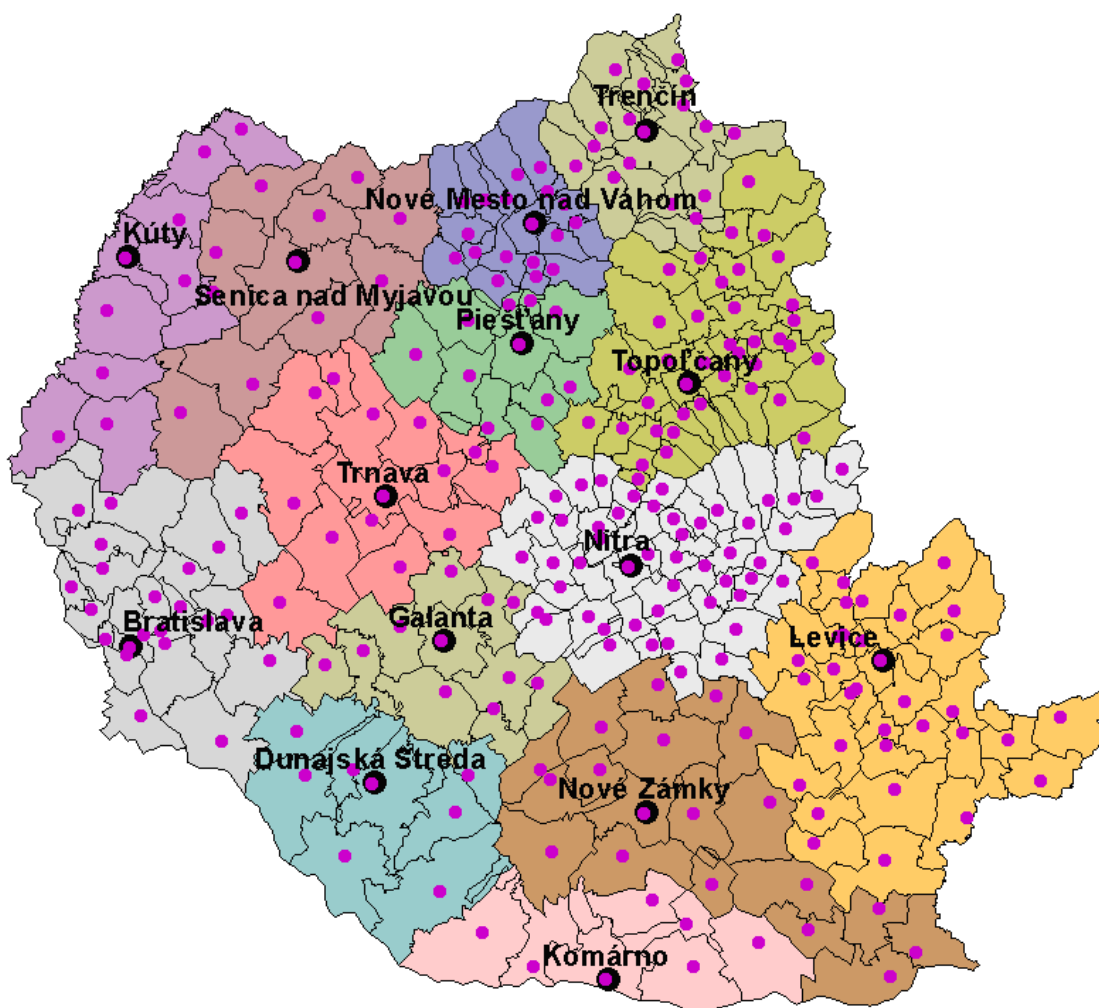


Obr. č. 4 Miera konfliktivity cieľov

V prípade keď sú ciele konfliktné sa nám zdá je najlepšie použiť rozšírenú Dempster-Shafer teóriu. Riešenie pomocou tejto metódy spočíva v tom že ciele sa pre jednotlivé skupiny riešia na sebe nezávisle, teda v optimalizačnom priestore pre nich prirodzenom, a nie je deformované. Ďalej sa nadefinuje funkcia miery spokojnosti s naplnením cieľa a funkcia miery nespokojnosti s nenaplnením cieľa. Obe tieto funkcie sú vyjadrené fuzzy funkciami ktorých hodnota je v intervale $<0,1>$. Dôležité je, že súčet týchto dvoch funkcií nemusí byť rovný 1, ako by to muselo platiť ak by sme použili klasickú teóriu pravdepodobnosti. Tento fakt sa nazýva miera ignorácie. Ak sú teda skonštruované pre každý cieľ obe tieto miery je možné hľadať takzvaný ideálny bod. A to je taký bod kde miera naplnenia cieľov je vysoká a súčasne miera nenaplnenia cieľov je malá.

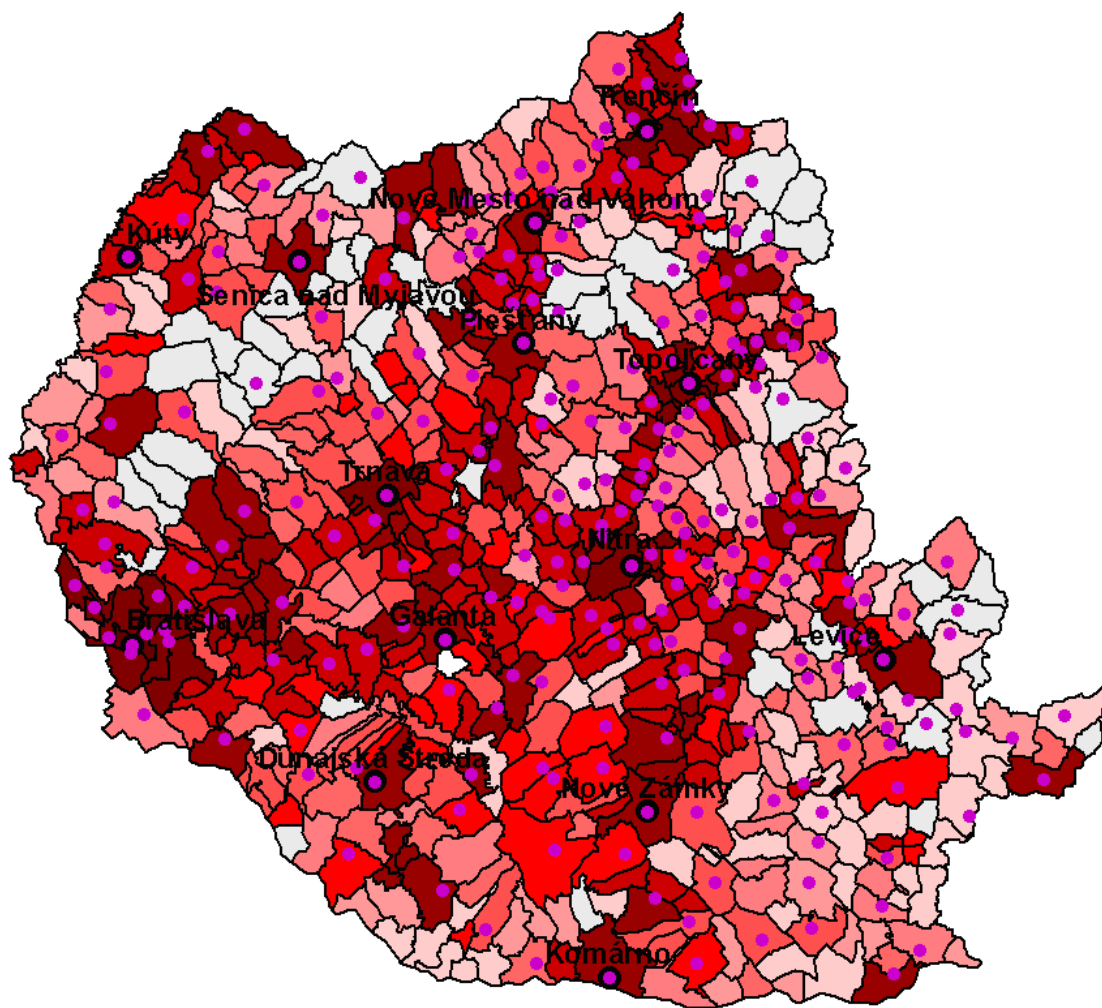
V našom prípade sme našli pre polohy DC takýchto bodov niekoľko (niekoľko vhodných miest umiestnenia DC). Konkrétnu polohu DC sme vybrali pomocou technologických kritérií, ktoré neboli použité priamo pri riešení alebo náhodným výberom. Po umiestnení určitého počtu DC sme sa pokúsili odobrať jedno DC a celý proces hľadania vhodných DC zopakovať a po následnom spočítaní miery naplnenia alebo nenaplnenia cieľa sme zistili či je ešte možné znížiť počet DC alebo ďalšie znižovanie DC povedie k veľkej miere nenaplnenia cieľa niektorej zo zúčastnených skupín.

Na nasledujúcom obrázku je vidieť výsledky použitých iterácií.



Obr. č. 5 Hranice obsluhovaného územia DC a polohy DC

Pri určovaní počtu DC a ich umiestňovaní sme zohľadňovali aj počet obyvateľov jednotlivých obcí ktoré majú byť DC obsluhované aby nové DC mali primeraný počet zákazníkov.



Obr. č. 6 Počty obyvateľov vzťahnuté k ploche extravilánu

5. Záver.

Naším cieľom bolo preskúmať možné metódy umiestnenia distribučných centier na veľkom území vo vzťahu k efektívnosti centier a k ich dostupnosti. Z experimentov vyplynulo, že najvhodnejšou metódou modelovania kritérií je metóda využívajúca fuzzy krivky. Ďalej sme zistili, že táto metóda je citlivá na návrh a zmenu jednotlivých fuzzy kriviek.

Riešenie konfliktných cieľov sme modelovali s použitím rozšírenej Dempster-Shafer teórie. Po konzultáciách s pracovníkmi pošty navrhované riešenia vyhovovali technickým požiadavkám na riešenie.

Pri nami použitých veličinách a fuzzy funkciách ktoré boli zostavované za pomoci pracovníkov Slovenskej Pošty š.p. a jej zákazníkov sa znížil počet DC na 835.

Literatúra

- Vilém Novák: Fuzzy množiny a jejich aplikace
- Shafer, G., 1976. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, New Jersey
- SMETS, P., 1994: What is Dempster-Shafer's model? – in: R. R. YAGER, J. KACPRZYK & M. FEDRIZZI (Eds.), Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence. – New York: Wiley, 5-34