

Petr SOUKUP, Michal VOTOČEK

## AUTOMATICKÉ UMÍSTOVÁNÍ POPISŮ PLOŠNÝCH ELEMENTŮ MAPY

Soukup, P., Votoček, M.: Automatic area feature label placement. Kartografické listy 2005, 13, 6 figs., 7 refs.

**Abstract:** Automatic generation of maps is an important task of digital cartography. It includes also automatic label placement which consists of labeling a set of features (points, lines, areas). Label placement is not exactly defined in a map and so it can be optimized to reduce overlaps labels or overlap labels with other labels or another elements of the map content. The article is focused on the automatic placement of area feature labels. Main problem of area labeling is presented by small areas and areas of irregular shape which do not allow to fit the requested label into the area with preservation of legible height of label. The paper introduces the algorithm for elimination the conflicts in positions of area labels, which also allows to place the area label outside the area. Allowed positions of area labels are limited only by condition that at least one point of label bounding box lies inside the area.

Next part of the article presents using of automatic area label placement for production of ownership maps during the land consolidation process.

**Keywords:** automatic map labeling, area label placement, centroid, conflict zone, overview map, land consolidation

### Úvod

Problematika automatického umístování popisů představuje jeden ze základních problémů digitální kartografie a geografických informačních systémů. Problém umístování popisů se týká všech základních prvků mapy, tedy bodů, čar i ploch. Zatímco dosavadní výzkumy se zabývaly především popisem bodových prvků mapy, tento článek je zaměřen na popisy prvků plošných. Plošný prvek (element) mapy je v kontextu tohoto článku chápán jako část roviny ohraničená uzavřeným polygonem.

Existují algoritmy, které pro plošný element libovolného tvaru naleznou bod, který je obecně vhodný pro umístění textového popisu plochy (optický střed plochy). Oprávněný požadavek zachovat čitelnost textových popisů nedovoluje libovolně zmenšovat velikost textu a vede logicky u malých ploch k překrytu popisů umístovaných do optických středů ploch. Článek se zabývá možnostmi automatického umístování popisů ploch tak, aby se popisy pokud možno navzájem nepřekrývaly a současně zůstalo zachováno jednoznačné přiřazení jednotlivých popisů plochám. V článku není řešena problematika natáčení popisů ani případná kolize popisu a obvodu plochy.

Zmiňovaná problematika nachází praktické uplatnění obecně ve všech oblastech, kde se automaticky umísťují popisy plošných elementů a jejich případný překryt by degradoval užitnou či estetickou úroveň mapy. Konkrétním příkladem z oblasti pozemkových úprav je umístování textu parcelních čísel nebo čísel listů vlastnictví do snímku katastrální mapy nebo do mapy návrhu nového rozmístění pozemků.

Ing. Petr SOUKUP, Ph.D., Fakulta stavební, České vysoké učení technické, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, e-mail: soukup@fsv.cvut.cz

Ing. Michal VOTOČEK, Ph.D., GEPRO s.r.o., Štefánikova 52, 150 00 Praha 5, e-mail: votocek@gepro.cz

## Popis plochy

Popis plošných prvků mapy se obvykle umísťuje do optického středu prvku nebo do jeho bezprostředního okolí tak, aby bylo zřejmé, ke kterému prvku se popis vztahuje. V ideálním případě by popis neměl překrývat kresbu mapy ani žádný jiný popis. Pokud jsou plošné prvky dostatečně velké a celý popis prvku se vejde dovnitř plochy, nebývá s jeho umístěním problém. V případě úzkých ploch je umístění popisu komplikovanější, neboť zpravidla bývá nutné popis natočit tak, aby nezasahoval do obvodu. V tomto ohledu klasické metody pro umístění popisu selhávají, ale je možné najít požadované stočení popisu pomocí algoritmu pro výpočet přímkové kostry plochy (Soukup a Votoček 2003).

Z hlediska umístění popisu představují největší problém malé plochy, do kterých nelze popis zadané velikosti umístit vůbec nebo jen s velkými obtížemi. V tomto případě se nabízejí následující možnosti:

- zmenšit výšku textu,
- nahradit dlouhý text zkratkou nebo zástupným znakem vysvětleným v legendě mapy,
- umístit popis mimo plochu a zajistit např. pomocí šipky vztah mezi popisem a plochou,
- umístit popis dovnitř plochy a překrýt tak obvod plochy, popř. další kresbu,
- plochu ponechat bez popisu.

Zmenšení výšky textu je velmi jednoduché a má svoje opodstatnění především u digitálních map, ale pro analogové výstupy je omezeno požadavkem na čitelnost textu. Nahrazování delších popisů zkratkou nebo zástupným znakem (např. číslem) patří mezi běžné kartografické postupy a používá se i u popisu bodových a liniových prvků; příkladem může být popis krátkých ulic v orientačních plánech měst. Také tuto metodu lze snadno automatizovat, její nevýhodou je nutnost tvorby legendy. Umístění popisu mimo plochu se používá např. v katastrální mapě, kde se popis malých parcel umísťuje pomocí šipky do volného prostoru mimo parcelu. Tento způsob předpokládá, že v okolí malé plochy je dostatek volného místa pro umístění šipky a popisu. Jeho automatizace je velmi náročná a dosud nebyla uspokojivě vyřešena. V praxi to ale nevádí, protože katastrální mapa vzniká interaktivním kreslením nebo zpracováním interaktivně vyhotoveného geometrického plánu.

Z hlediska automatizace umístění popisů je zajímavá i varianta překrytí obvodu plochy (umístění popisu přes mapovou kresbu). Tato varianta je přípustná tehdy, když je popis plochy důležitější než obvod plochy nebo další obsah mapy.

### Definiční bod a optický střed plochy

Definiční bod plochy je bod, který se používá k jednoznačnému identifikování plochy. Obecně vzato může být z praktických důvodů kladen na definiční bod plochy jediný požadavek – umístění uvnitř plochy. Je zřejmé, že pro libovolnou plochu lze stanovit definiční bod a v určitých operacích (např. topologických) ji pak reprezentovat tímto bodem. Pokud má být definiční body plochy využity pro umístění popisu plochy, je oprávněné požadovat, aby se nacházel v jakémsi optickém středu plochy (nebo jeho okolí), kde bude popis nejnadhěji nalezen.

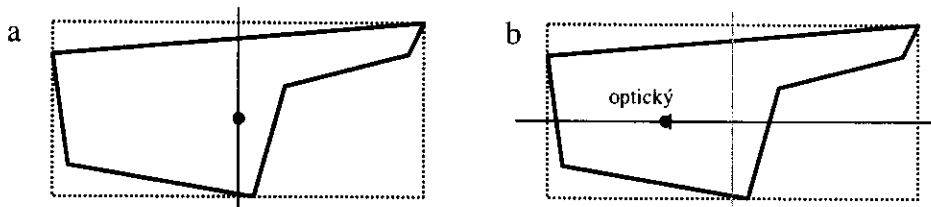
Postupy pro automatizované umístění popisů ploch většinou vycházejí z určení optického středu plochy, který slouží jako bod pro umístění popisu v situaci, kdy nenastává komplikace v kolizi s jiným textem či obsahem mapy. V ostatních případech může být optický střed plochy použit jako počátek vektoru posunu textu do vhodnější polohy.

Optický střed plochy není exaktně definován, u protáhlých liniových ploch nemusí být ani jednoznačný a tedy také jeho automatické určení může být provedeno více způsoby. U konvexních ploch (všechny vnitřní vrcholové úhly jsou menší než  $\pi$ ) lze s výhodou použít těžiště, jehož výpočet není komplikovaný:

$$x_t = \frac{1}{6a} \sum_{i=1}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i), \quad y_t = \frac{1}{6a} \sum_{i=1}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i),$$

kde  $x_n, y_n$  jsou souřadnice těžiště,  $a$  je výměra polygonu a  $x_1, y_1 \dots x_n, y_n$  jsou souřadnice lomových bodů obvodu plochy (první a poslední bod je totožný).

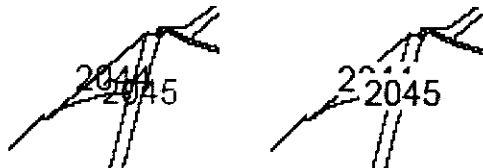
Pro nekonvexní plochy nelze těžiště použít, neboť se může nacházet mimo plochu. V praxi se více uplatňuje algoritmus, který byl použit v systému MAPA 2 (Šťastný et al. 1985). Vypočítá opsaný obdélník plochy (tj. najde minimální a maximální souřadnici  $x$  a  $y$ ), vyhledá průsečíky svíslé osy tohoto obdélníka s obvodem plochy a tyto průsečíky seřadí podle svíslé souřadnice (obr. 1a). Úseky mezi lichým a sudým průsečíkem leží uvnitř plochy, ostatní části přímky leží vně plochy. Algoritmus vyhledá nejdelší úsek uvnitř plochy a jeho středem vede vodorovnou přímkou. Najde všechny průsečíky této přímky s obvodem plochy a doprostřed nejdelšího úseku uvnitř plochy umístí optický střed plochy (obr. 1 b). Výhodou uvedeného algoritmu je jeho relativní jednoduchost a nezávislost na tvaru plochy.



Obr. 1 Výpočet optického středu plochy

### Překrytí obvodu plochy textem

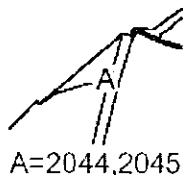
Umístění popisu přes obvod plochy je velmi jednoduché, postačí v místě popisu potlačit ostatní mapovou kresbu. Lze to vyřešit tak, že se pod textem popisu nakreslí vyplněný obdélník barvy pozadí nebo jiné vhodné barvy (v ukázce na obr. 2 je použit odstín šedi). Text popisu, který přesahuje popisovanou plochu, může částečně překrýt popis sousední plochy (obr. 2).



Obr. 2 Popis plochy je zvýrazněn podloženým obdélníkem

Pokud k tomuto překrytí popisů dojde například u mapové přehlídky a uživatelé této mapy budou mít k dispozici i podrobné snímky mapy, lze vzájemně překrýt popisů do jisté míry tolerovat. Překrývání popisů sice snižuje estetickou kvalitu mapy, ale vždy alespoň jeden z textů je dobře čitelný a uživatelům poslouží jako odkaz na příslušný výřez podrobné mapy.

Elegantnější řešení je najít popisy ploch, které se vzájemně překrývají, a nahradit je jedním společným textem. Úplný popis více ploch by musel obsahovat popisy jednotlivých ploch oddělených vhodným znakem (čárka, středník). Takový text by však mohl být hodně dlouhý a tak snadno překrýt jiný text. Vzhledem k tomu je lepší úplný popis skupiny ploch nahradit vhodným zástupným znakem. V případě popisu parcel lze např. použít písmeno (obr. 3).



Obr. 3 Popis plochy je nahrazen zástupným znakem

Praktická realizace toho postupu nebude obtížná: při umísťování každého popisu se nejdřív ověří, zda tento popis již nezakrývá jiný dříve umístěný popis. Pokud ano, oba popisy se nahradí vhodným náhradním znakem (nebo zkratkou) a jeho vysvětlení se doplní do seznamu textů legendy. Jestliže umísťovaný popis překrývá popis nahrazený znakem či zkratkou, postačí upravit legendu. Nevýhodou tohoto postupu je, že se zcela ztrácí informace o vzájemném relativním umístění jednotlivých popisů sloučených v legendě.

Pro vyřešení překrývání popisů by bylo nejlepší posunout popisy tak, aby se nepřekrývaly vůbec, resp. aby jejich překrytí bylo minimální. Tato úloha ale spadá mezi NP-těžké úlohy (NP-hard), což jsou úlohy, které nelze řešit v polynomiálním čase, tj. závislost doby výpočtu na množství vstupních dat nelze vyjádřit polynomem. Tyto úlohy se buď řeší algoritmem, který pracuje v horším čase než polynomiálním (pokud takový algoritmus existuje), nebo se použije heuristický algoritmus, který bývá rychlejší, ale nemusí najít optimální řešení, přestože takové řešení existuje (algoritmus může najít horší řešení nebo v krajním případě nenajde vůbec žádné řešení).

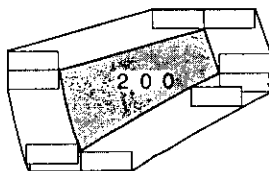
Problematika překrývání popisů je v odborné literatuře řešena jako součást automatického umísťování popisu mapy (*map labeling*) a jejímu studiu se věnuje řada publikací. Bohužel se autoři většinou zaměřují na umísťování popisu k bodovým prvkům (*point feature label placement*), (např. Wagner a Wolff 1998, van Kreveld et al. 1999), případně uvádějí vybrané algoritmy a jejich srovnání (Christensen et al. 1995). Obecnému popisu mapy, tj. popisu bodů, linií a ploch, se věnují Agarvald et al. (1997). Své řešení však omezili požadavkem na konečný počet možných poloh popisu prvku, což úlohu zjednoduší, protože umožňuje vyzkoušet všechny kombinace poloh popisů. Algoritmus, který zkouší všechny možné kombinace poloh, ovšem pracuje v horším než polynomiálním čase a pro větší množství vstupních dat je nepoužitelný. Wagner et al. (2001) odvodili poměrně jednoduchá pravidla (uvažují větší počet popisovaných prvků s konečným počtem poloh popisu), pomocí nichž lze některé polohy popisů apriori vyloučit. Zároveň garantují, že žádná z takto vyloučených poloh není součástí optimálního řešení. Pokud například pro určitý prvek existuje taková poloha popisu, která neprotíná žádnou potenciální polohu popisu jiného prvku, použijí tuto polohu a všechny ostatní polohy popisu daného prvku zruší.

Popis malých plošných prvků může ležet kdekoliv uvnitř plochy, dokonce je možné tolerovat umístění popisu v blízkém okolí plochy. Možných poloh popisu je tedy nekonečně mnoho, a proto nelze plně využít postupy, které uvádějí výše citované publikace. Přesto v nich lze najít zajímavé inspirace.

### Eliminace konfliktních poloh

Algoritmus eliminace konfliktních poloh předpokládá, že pro každou popisovanou plochu bude vytvořena oblast přípustných poloh popisu. Na základě průniku těchto oblastí dojde k vytypování konfliktních poloh. Následně se algoritmus pokusí pomocí vhodných pravidel umístit popisy tak, aby počet překrytí byl co nejmenší. Algoritmus vychází z pravidel, která pro popis bodových prvků s konečným počtem poloh popisu definovali Wagner et al. (2001) a pokouší se odvodit obdobná pravidla pro popis ploch.

Problém představuje definice oblastí přípustných poloh popisu. Obvyklá podmínka, aby popis plochy ležel přibližně v optickém středu plochy, je příliš svazující, neboť v mnoha případech se popis do plochy nevejde a díky přesahu může dojít k překrytí sousedním popisem. Proto je vhodnější zvětšit manévrovací prostor pro případný posun popisu a stanovit podmínku pro jeho polohu tak, že alespoň jeden bod opsaného obdélníka popisu musí ležet uvnitř popisované plochy. Ukázka oblasti vytvořené podle této podmínky je na obr. 4 (opisovaná plocha v tmavě šedé, opsaný obdélník popisu je světle šedý).



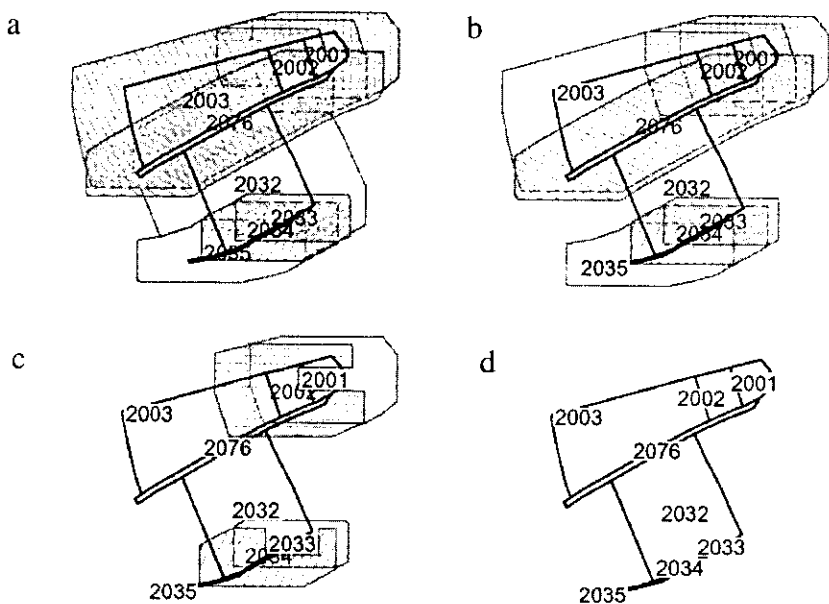
Obr. 4 Oblast možných poloh popisu plochy

Po vytvoření oblastí přípustných poloh popisu následuje postupné umísťování popisů. Algoritmus se nejprve pokusí umístit popis do optického středu plochy. Pokud opsaný obdélník popisu v této poloze neprotíná žádnou jinou oblast, popis se umístí a oblast plochy se zruší. Taková situace je znázorněna na obr. 5a, kde je převzata poloha popisu parcely 2032. Zrušením oblastí popsanych ploch se o něco zvětší manévrovací prostor pro umísťování popisů zbývajících parcel.

V druhém kroku se provede průnik zbylých oblastí a pro každou z nich se určí nekonfliktní části oblastí, které nejsou překryty žádnou jinou oblastí. Pokud do takové části lze umístit popis plochy, umístí se, oblast plochy se zruší a aktualizují se nekonfliktní části ostatních oblastí (viz popis parcel 2003 a 2035 na obr. 5b). Zrušení oblastí popsanych ploch může mít vliv také na sousední dosud nepopsané plochy, protože v některých případech dovolí použít pro popis optický střed plochy (viz popis parcely 2076 na obr. 5c) nebo umístit popis do nekonfliktní části oblasti. Proto bude vhodné první a druhý krok opakovat, dokud bude možné nějaký popis takto umístit.

Pokud stále existují nepopsané plochy, pokračuje popisování ploch bez ohledu na konflikt popisu s jinou oblastí. Popis se umístí do libovolné polohy uvnitř oblasti, oblast se zruší a opsaný obdélník popisu se vyjme ze všech zbývajících oblastí. Zde se jeví jako výhodné plochy seřadit podle velikosti oblastí a popisovat je od nejmenších po největší. Sníží se tím riziko, že u nějaké plochy nebude možné umístit popis, protože se do příslušné oblasti nevejde. Pokud taková situace přece jen nastane, nezbyvá než tolerovat překryt popisů nebo nahradit dotčené popisy náhradním textem. Vyjmutí opsaného obdélníka takto umístěného popisu ze zbývajících oblastí je naznačeno na obrázku 5c, kde po umístění popisu parcely 2033 je upravena oblast možných poloh popisu parcely 2034 a obdobně po umístění popisu parcely 2033 je upravena oblast možných poloh popisu parcely 2034 a obdobně po umístění popisu parcely 2001 se změní oblast parcely 2002. Popisy parcel 2034 a 2002 se následně umístí podle pravidel popsanych v druhém kroku, tedy do libovolného místa uvnitř upravené oblasti přípustných poloh popisu.

Na obrázku 5d je zobrazen výsledek umísťování popisů parcel. Žádné popisy se nepřekrývají, pouze popis parcely 2003 je zbytečně umístěn až téměř na obvodu parcely, přestože mohl ležet blíže jejímu optickému středu. Nejedná se ovšem o zásadní problém, ale jen o dílčí nedostatek, který by možná mohl být ošetřen nějakou další podmínkou.

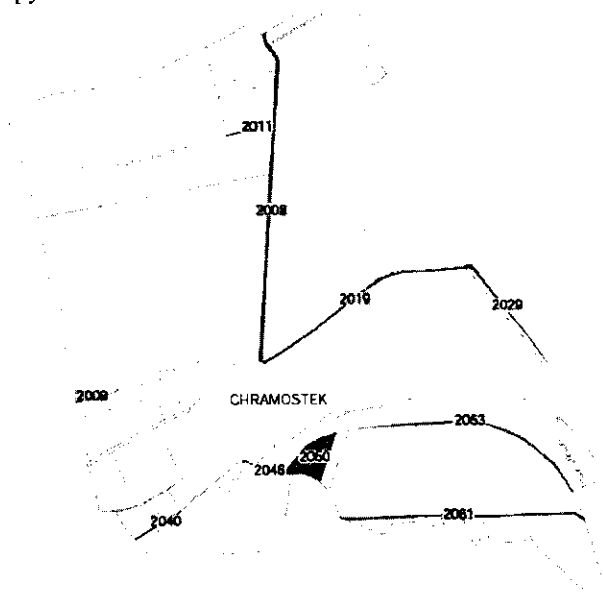


Obr. 5 Umístění popisů pomocí konfliktních ploch. Oblasti možných poloh popisů jsou vyšrafovány, po umístění popisu je šrafování potlačeno a oblast následně zrušena

Algoritmus pro popis plochy s využitím konfliktních ploch může být časově náročný, neboť obsahuje několik obtížnějších úloh (konstrukce oblastí přípustných poloh, průnik oblastí). Avšak vzhledem k tomu, že tento algoritmus probíhá bez zásahu uživatele, nejsou na jeho časovou náročnost kladeny tak vysoké požadavky.

### Praktické využití

Konkrétním příkladem výše uvedené situace je tvorba mapy, která znázorňuje rozmístění parcel konkrétního vlastníka v rámci katastrálního území. Taková mapa se využívá při zpracování pozemkových úprav, kdy vlastník potřebuje mít přehled o tvaru stávajících nebo nově navržených parcel a jejich rozmístění v rámci řešeného území. Teoreticky by oba typy informací mohla obsahovat jedna podrobná mapa, ale vzhledem k obvyklému rozsahu řešeného území by se jednalo o výkres formátu A0 nebo většího. Proto se v praxi obvykle používají pouze snímky (výřezy) podrobné mapy (katastrální mapy resp. mapy návrhu nového rozmístění pozemků), které zobrazují tvar jednotlivých parcel vlastníka. Tyto snímky zpravidla bývají formátu A4 nebo A3 a lze je tak vytisknout na běžné kancelářské tiskárně mnohem rychleji a s nižšími provozními náklady než tisk jednoho velkoformátového výkresu. Pro znázornění rozmístění parcel se používá tzv. přehledová mapa, která má výrazně menší měřítko a může být vytištěna na stejný formát papíru jako snímky podrobné mapy.



Obr. 6 Ukázka přehledové mapy zobrazující návrh nových obecních pozemků

Kostru přehledové mapy tvoří hranice parcel, které lze automaticky převzít z podrobné mapy. Uživatel může do této mapy doplnit některé další prvky, např. místní a pomístní názvosloví. Vlastní tisk přehledových map pro jednotlivé vlastníky probíhá zcela automatizovaně, software zobrazí zvětšená parcelní čísla parcel daného vlastníka a mapu vytiskne. Jediný problém představují možná překrytí zvětšených parcelních čísel, což je možné řešit pomocí postupů popsaných v tomto článku.

### Závěr

Nároky na umístění popisu podléhají individuálním a estetickým hlediskům, která se v podstatě vymykají možnostem algoritmicke. Přesto existují určité možnosti, jak automaticky generova

popis plošných prvků mapy tak, aby estetická kvalita mapy příliš neutrpěla. Úspěšnost automatického umísťování popisů je ovlivněna především měřítkem popisované mapy a výškou popisu. Komplikace mohou nastat při popisování více malých ploch soustředěných do jedné lokality, zejména pokud jejich popisy zasahují do sousedních ploch. Popsaná metoda eliminace konfliktních poloh by měla být podrobena dalšímu zkoumání a ověřování.

## Literatura

- AGARWAL, P., K., VAN KREVELD, M., SURI, S. (1997). Label placement by maximum independent set in rectangles. In *Proceedings of the 9th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG'97)*, pp. 233-238.
- CHRISTENSEN, J., MARKS, J., SHIEBER, S. (1995). An empirical study of algorithms for point-feature label placement. *ACM Transactions on Graphics*, 14(3), pp. 203-232.
- SOUKUP, P., VOTOČEK, M. (2003). Konstrukce přímkové kostry plochy a její využití v kartografii. *Kartografické listy*, 11, 95-99.
- ŠŤASTNÝ, V. et al. (1985) *MAPA 2 (EC 1045). Programový systém pro zpracování map velkých měřítek. II. Etapa. Výzkumná zpráva VÚGTK Zdíby, č. 839/1985.*
- VAN KREVELD, M., STRIJK, T., WOLFF, A. (1999). Point labeling with sliding labels. *Computational Geometry*, 13(1), pp. 21-47.
- WAGNER, F., WOLFF, A. (1998). A combinatorial framework for map labeling. *Lecture Notes in Computer Science*, 1547, pp. 316-331.
- WAGNER, F., WOLFF, A., KAPOOR, V., STRIJK, T. (2001). Three rules suffice for good label placement. *Algorithmica*, 30(2), pp. 334-349.

## S u m m a r y

### Automatic area feature label placement

Automated label placement is an important task in geographic information systems and digital cartography, which consists of labeling a set of features (points, lines, areas). Automatic area feature label placement is discussed in this article. The main problem with area feature label placement is to find such a position of labels, when maximal number of areas receives pair wise nonintersecting labels and also no label overlaps other map drawing at the same time. The reason of problem consists in existence of small areas and in impossibility to decrease text height of labels below level ensuring their reliable readability on analog outputs. Firstly, fundamental methods of solving mentioned problems are introduced. Then the focus is concentrated on a situation, when the informative value of label is greater than other content of map and so it is acceptable to place labels across drawing border area, too. At the same time we suppose that the height of all labels is constant.

The centroid, which lies inside the area nearby its optical center, is the starting position for search of an optimal area label place. In convex areas we can use the gravity point of the area, for concave areas we mention another often used method. Further the paper presents the algorithm for elimination conflict positions of area labels, which also allows to place the area label outside the area and so it increases probability to place the area label without overlap. Allowed positions of the area label are limited only by condition that at least one point of label bounding box lies inside the area. Automatic areas label placement was practically tested in creation of ownership maps during the land consolidation process.

Fig. 1 Calculation of optical center of area

Fig. 2 Area labels are highlighted by filled bounding boxes of every label

Fig. 3 Area label is replaced by a substitution character

Fig. 4 Zone of possible label placement of the area

Fig. 5 Area label placement by the conflict zones. Zones of possible label placement are hatched; after placing of area label the corresponding hatching is eliminated and the corresponding zone is deleted

Fig. 6 Example of an overview map showing new municipality parcels

Lektoroval:

Ing. Radek DUŠEK, Ph.D.,

Přírodovědecká fakulta Ostravská univerzita, Ostrava