

Kvalitatívne vlastnosti priestorových údajov siete cestných komunikácií SR zameraných pomocou GPS

Henrich Miškeje¹ a Martin Kalafut²

The quality aspect of the spatial data collection for the Slovak Road Network collected by GPS

The Slovak Road Administration represented by its Road Databank provided the spatial data collection of the Slovak road network using the Global Positioning System supported by differential real time corrections method in years 2003 - 2005. The aim of the collection has been to produce the 3D spatial parameters of the road network basic elements which are junction points and junction line segments for the Road Databank. The collected data has been implemented as a localization base in a new information system of the road network model. This contribution focuses on a quality aspect of these data. We define criteria for the statistic evaluation of a data quality. Then we design a method for the spatial localisation of road network parts with the low quality of the 3D spatial parameters to provide their progressive actualisation.

Key words: the Road Databank, the Slovak road network, the Global Positioning System supported by differential real time corrections, the quality of the spatial data collecting

Úvod

V období od marca 2003 do januára 2006 vykonali pracovníci Cestnej databanky Slovenskej správy ciest (CDB SSC) zber priestorových údajov o sieti cestných komunikácií. Zber bol uskutočnený technológiou GPS s využitím diferenciálnych korekcií v reálnom čase, ktoré sú vysielané z telekomunikačných družíc prevádzkovaných firmou OmniSTAR a ktoré pri použití vhodných GPS prístrojov ako je Trimble Pathfinder ProXRS garantujú submetrovú polohovú presnosť do rozmeru jedného metra. Získané údaje boli ďalej spracované a v súčasnosti tvoria vektorovú lokalizačnú základňu *Informačného systému modelu cestnej siete* (ISMCS) SR. V každom geografickom informačnom systéme je kľúčovou otázkou polohová presnosť jeho lokalizačnej základne. Cieľom článku je priniesť odpoveď na túto kľúčovú otázku. Odpovedí na takúto otázku môže byť pravdepodobne viacero. Nás zaujíma odpoveď v podobe vypracovania spôsobu, ktorým je možné identifikovať vhodné, resp. nevhodné údaje aby mohli byť v lokalizačnej základni ISMCS nahradené.

Za dôležité považujeme uvedomiť si rozdiel medzi geodetickými meraniami a meraniami pre geografický informačný systém (GIS). Zatiaľ čo pre geodetické zamerania je platná technická norma pre zber priestorových údajov, pre GIS podobná norma nie je k dispozícii. Dnes je všeobecne akceptované povedomie, že uplatnenie princípu geodetickej triedy presnosti pri meraniach pre GIS by nevyhnutne viedlo k ich neúmernemu časovému predĺženiu a zvýšeniu finančných nákladov. To ale neznamená, že údaje, ktoré nemajú "punc" triedy geodetickej presnosti sú nepoužiteľné. Naopak, ich výpovedná hodnota a využiteľnosť závisia od účelu pre ktorý je GIS budovaný. Dilema presnosti a rozsahovej úplnosti je limitovaná časovou finančnou náročnosťou dostupných technológií. Aj v prípade ISMCS boli v danom okamihu rozhodovania dôležité: prijateľná dĺžka časového obdobia zberu údajov, výška finančných zdrojov, ktoré boli a sú k dispozícii a na druhej strane snaha využiť tieto investície pre priestorové údaje celej cestnej siete SR, s možnosťou ich rýchlej aktualizácie, pri predpokladanom dosiahnutí prijateľnej presnosti. Termín prijateľnej presnosti zavádzame len v spojení s konkrétnym ISMCS tvoreným a spravovaným CDB SSC. Tento termín bude v ďalšom texte bližšie objasnený.

Charakteristika priestorových údajov

Ako už bolo uvedené, získané údaje majú vektorový charakter. Priestorové súradnice x , y , h jednotlivých vektorových prvkov sú výsledkom merania prístrojmi GPS. Pre potreby ISMCS boli zamierované jednotky cestnej siete na elementárnej úrovni, ktoré sú v terminológii Cestnej databanky SSC označované ako uzlové body a uzlové úseky.

Súradnice uzlových bodov boli získané statickým spôsobom a jeho výsledkom sú bodové vektorové prvky. Pred zameraním bol každý uzlový bod vyznačený a *stabilizovaný* v súlade s metodikou CDB SSC.

¹ Mgr Henrich Miškeje, oddelenie GIS na Cestnej databanke, Slovenská správa ciest, Miletičova 19, 826 19 Bratislava, tel.: +421-2-50255461, +421-903-704 145, henrich.miskeje@ssc.sk, www.ssc.sk odkaz cestná databanka

² Ing. Martin Kalafut, PhD., AGIS Slovakia, s.r.o., Prievozská 14/A, 821 09 Bratislava, tel./fax: 02/58238 367, martin.kalafut@agis.sk, www.agis.sk

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 21. 5. 2007)

Následným zameraním prístrojom GPS bola získaná jeho priestorová poloha, vyjadrená hodnotou geocentrickej zemepisnej dĺžky, šírky a výšky nad elipsoidom, resp. nadmorskej výšky. Okrem polohy zaznačil pracovník pri meraní uzlového bodu jeho názov. Počas merania mal pracovník prístroj GPS aj s anténou na chrbte. Už len takýto stručný náčrt ukazuje, že z pohľadu prijateľnej presnosti existujú v tomto postupe dve riziká. Prvým, menej významným je *stabilizácia* uzlového bodu. Druhý problém je umiestnenie antény počas merania nad uzlovým bodom. Vybavenie prístroja spolu s anténou na chrbte pracovníka a približné určenie výškového odsadenia - rozdielu antény od úrovne cesty je akceptovateľné len v prípade zberu údajov pre GIS.

Pri zbere uzlových úsekov sme uplatnili kinematickú metódu a výsledkom sú líniové vektorové prvky. Výsledná *linia* uzlového úseku je zložená z postupne zaznamenaných bodov snímaných polohovo každú sekundu. Zameranie *linie* je súhlasné s orientáciou cestnej komunikácie začínalo v počiatočnom a končilo v koncovom uzlovom bode príslušného uzlového úseku. *Línia* reprezentuje os cestnej komunikácie alebo os jazdného pásu v prípade smerovo oddelených častí cestnej komunikácie. Anténa prístroja GPS bola v tomto prípade umiestnená na streche meračského vozidla. Podobne ako v prípade uzlových bodov, aj pri tomto spôsobe existuje riziko nedosiahnutia prijateľnej presnosti. Opätovne sa jedná o problém s umiestnením antény. Je zrejmé, že počas merania je dráha, ktorú v skutočnosti prejde meračské vozidlo, mierne odlišná od osi cestnej komunikácie. Miera odlišnosti je závislá od skúsenosti pracovníkov a od zmien šírkového usporiadania cestnej komunikácie. Počas merania je z bezpečnostných dôvodov požívané šírkové odsadenie – vzdialenosť antény od osi komunikácie tak, aby meračské auto jazdilo v jednom jazdnom pruhu. Pre celý meraný uzlový úsek je možné zadať iba jednu hodnotu relatívnej vzdialenosti antény od osi komunikácie.

Riziká, ktoré sme práve uviedli a ktoré ovplyvňujú prijateľnú presnosť zberu údajov, možno minimalizovať len v priamo v teréne. Vzniknuté nepresnosti sa dajú spätne odhaliť len náročnou systematickou kontrolou s použitím iných referenčných zdrojov, napr.: opakované merania, letecké smínky, či ortomapy. V prípade snahy o zásadné ovplyvnenie prijateľnej presnosti by sme boli nútení prehodnotiť celkový spôsob zberu priestorových údajov pre ISMCS a zvážiť nasadenie takých metód zberu údajov, ktoré by garantovali dosahovanie geodetických (cm) presností. S vývojom dostupných technológií a tlakom na presnejšie lokalizačné údaje je zmena v zavedenom postupe otázkou času, ktorú budeme musieť vyriešiť.

Napriek uvedeným rizikám je aktuálny spôsob zberu údajov postačujúci. Vychádza z predpokladu, že pre ISMCS je prijateľná taká presnosť, keď sa zamerané uzlové body a uzlové úseky nachádzajú na telese cestnej komunikácie. To prakticky znamená to, že získané súradnice reprezentujúce body a línie korešpondujú s cestným telesom z iného referenčného zdroja merania, napr. leteckou snímkou. Je zrejmé, že s použitím vhodných prístrojov GPS a využitím diferenciálnych korekcií v reálnom čase dosiahneme pri meraní výrazne menšie odchýlky než je niekoľkokmetrová šírka cestného telesa. Tento predpoklad vyžaduje dodržanie podmienok, pri ktorých je vykonávané meranie. Tým máme na mysli minimálne podmienky, v rámci ktorých sa môže uskutočniť meranie 3D polohy. Pretože rozsah získaných údajov musí pokrývať celú cestnú sieť SR, prvotný zber nebol zaťažený inými nárokmi na zvýšenie presnosti merania než sú hodnota PDOP (Position Dilution of Precision – polohový rozptyl presnosti) ≤ 6 a prítomnosť signálu s diferenciálnymi korekciami v reálnom čase (RT – correction) v okamihu merania. Inými slovami, počas prvotného zberu bolo podstatné získať údaje z celej cestnej siete SR aj s vedomím, že na niektorých miestach bola nižšia presnosť.

Presnosť zberu údajov metódou DGPS v reálnom čase

Po úvahach, v ktorých sme poukázali na riziká zberu priestorových údajov pre ISMCS a priblížili pojem prijateľnej presnosti, prinášame jednoduchý pohľad na získané údaje. Spracované údaje zahŕňajú všetky merania z terénu, aj tie, ktoré sa nakoniec do ISMCS nedostali alebo sa už nenachádzajú v jeho lokalizačnej základni.

Tab. 1. Základný štatistický pohľad.
Tab. 1. Basic statistic view.

Prvky ISMCS	Celkový počet	s DGPS korekciami v reálnom čase		bez DGPS korekcií v reálnom čase		PDOP < 6		Horizontálna presnosť < 1m		Vertikálna presnosť < 1m	
		Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%	Počet	%
Uzlové body	7 532	6 879	91,33	653	8,67	6 971	92,5	7 055	93,6	5 733	76,1
Uzlové úseky	1 682 570	1 444 295	85,84	238 275	14,16	1 600 459	95,1	1 403 656	83,4	1 146 395	68,1

V tabuľkách 1 a 2 je základný štatistický pohľad na všetky získané údaje cestnej siete SR. Celkový počet je číslo vyjadrujúce počet vertexov získaných počas merania. Uzlové body boli zaznamenávané

v jednosekundovom intervale, pričom snímaných bolo 15 pozícií. Pre uzlové úseky boli líniové merania exportované ako jednotlivé vertexy postupne zaznamenaných bodov. Každý vertex reprezentuje polohu x, y, h v jednosekundovom intervale.

Tab. 2. Základný štatistický pohľad
Tab. 2. Basic statistic view.

Prvky ISMCS	Celkový počet	s DGPS korekciami v reálnom čase + PDOP<6 + Horizontálna presnosť < 1 m + vertikálna presnosť < 1 m	
		Počet	[%]
Uzlové body	7 532	5 347	70,99
Uzlové úseky	1 682 570	1 141 853	67,86

Vyššie uvedené údaje dávajú prvotnú základnú predstavu o kvalite získaných priestorových údajov z hľadiska priestorovej presnosti danej metódy zberu údajov.

Identifikácia problematických lokalít

Hodnoty v Tab. 1 a Tab. 2 podávajú rámcový obraz o kvantite a kvalite získaných údajov z hľadiska ich priestorovej presnosti, ale neumožňujú identifikovať lokality, v ktorých sú parametre merania pod prípustnou hranicou presnosti (viac ako 1 m). V týchto lokalitách je nutné vykonať opakované merania.

Okrem toho, údaje zohľadňujú len reálne zamerané lokality, v ktorých prístroj GPS nemal signál z družíc GPS (kvôli prekážkam, resp. mal, ale hodnoty parametrov ovplyvňujúcich presnosť merania, t.j. hodnota PDOP a prítomnosť, resp. neprítomnosť DGPS korekcií v reálnom čase, boli horšie ako minimálne požadované) sa z týchto údajov tiež nedajú identifikovať.

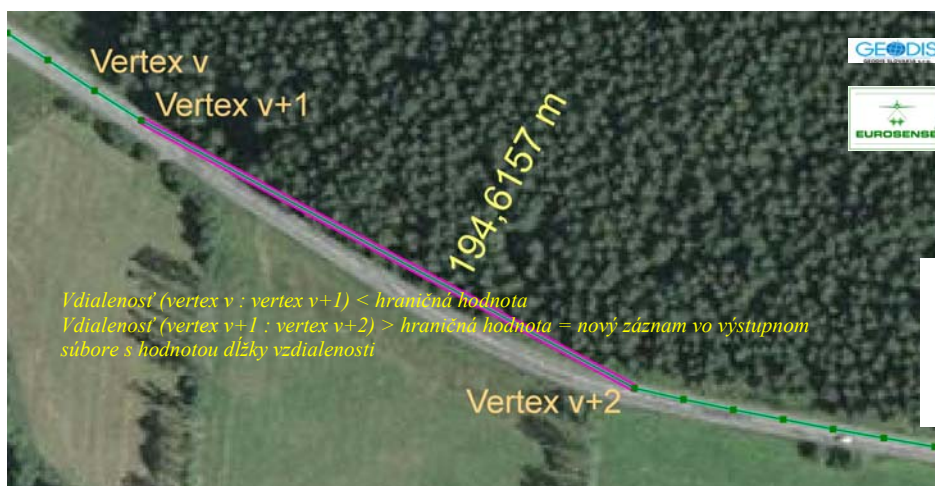
Uzlové body

Počas merania každého uzlového bodu pracovník zaznamenal do popisu jeho názov. Uzlové body, na ktorých nebolo možné zamerať priestorové súradnice x, y, h sa identifikovali ako chýbajúce v zozname uzlových bodov. Sú to predovšetkým lokality pod cestnými objektami (mosty, podjazdy), v blízkosti budov, stromov, a pod. V mnohých prípadoch v týchto lokalitách často nie je možné vykonať opakované, spresňujúce meranie. To znamená, že na týchto uzlových bodoch je potrebné vykonať pomocné merania s využitím odsadenia pomocou lasera pripojeného na GPS prístroj.

Uzlové body v lokalitách s neprípustnými hodnotami parametrov ovplyvňujúcich presnosť merania sú jednoducho vybrané podľa kritérií uvedených v záhlaví tabuľky 2 a označené v mape. Na týchto bodoch sa vykonáva opakované meranie.

Uzlové úseky

Počas merania uzlového úseku sa vytvára výsledná *lína* vektora postupným registrovaním polohy GPS antény na meračskom vozidle so sekundovým intervalom. V prípade straty signálu je registrácia polohy prerušená, no meranie pokračuje ďalej. Pri meraní jedného uzlového úseku môže dôjsť k viacerým stratám signálu. Tieto výpadky je potrebné identifikovať a na úseku zopakovať meranie. Pre identifikáciu bol vytvorený počítačový program, ktorý prechádza jednotlivé vertexy každého uzlového úseku. Medzi dvoma susednými vertexami vypočíta 2D vzdialenosť. Ak je rozdiel väčší ako hraničná hodnota, ktorú určí operátor, do výstupného súboru sa vloží nový záznam, ako ilustruje Obr. 1.



Obr. 1. Identifikácia výpadku signálu družíc GPS.

Fig. 1. Identification of the drop out of a signal of GPS satellites.

Prednastavená hraničná hodnota je 20 m. Počas merania sa vozidlo pohybuje rýchlosťou približne 60 km h^{-1} . Pri jednosekundovom intervale merania je vzdialenosť medzi dvoma susednými bodmi línie do 20 m. V prípade výpadku signálu vzdialenosť prekročí 20 m. Súčasťou programu je kontrola výšok (h) jednotlivých bodov línie. Kontrola prebieha medzi dvoma susednými bodmi. Ak rozdiel medzi výškami susedných bodov presiahne hraničnú hodnotu, vytvorí sa vo výstupnom súbore nový záznam s hodnotou rozdielu výšky. Prednastavenou hodnotou je 2 m. Táto hodnota je dvojnásobkom prípustnej hodnoty horizontálnej a vertikálnej presnosti.

Operátor môže zvoliť ľubovoľné hraničné hodnoty a ovplyvniť výsledok identifikácie potenciálne chybných lokalít. Výstupný súbor je typu shp, možno ho prezerat' v mapovom okne ArcGIS softvéru. Tabuľka 3 ukazuje výsledok spracovania všetkých uzlových úsekov s použitím prednastavených hraničných hodnôt.

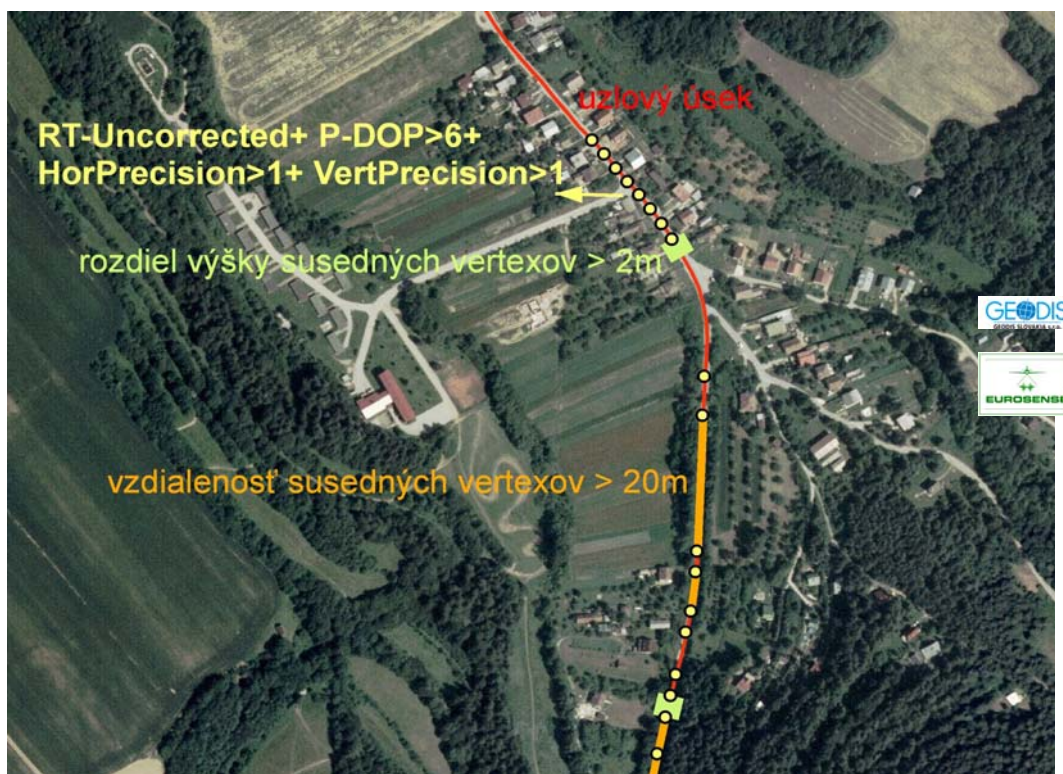
Tab. 3. Výsledok spracovania všetkých uzlových úsekov s použitím prednastavených hraničných hodnôt.
Tab. 3. Result of processing all nodal sectors with using predetermines boundary values.

Identifikovaná chyba	Počet [km]	Dĺžka [km]	Min [m]	Max [m]	Priemer [m]	Štandardná odchýlka
Vzdialenosť susedných vertexov > 20 m	11 751	999	20	3912	85	119,7
Rozdiel výšky susedných vertexov > 2 m	53 201	836	2	188,6	5,8	7,3

V Tabuľke 3 je pozoruhodný údaj o počte kilometrov, ktoré je podľa tohto spôsobu identifikácie potrebné premerať. Spolu je to 1835 km z celkového počtu 18 478 km, ktoré tvoria celú cestnú sieť SR, čo predstavuje 9,9 %.

Časť uzlových úsekov, na ktorých prístroj GPS zaregistroval meranie s neprípustnými hodnotami parametrov sledujúcich presnosť merania sú jednoducho vybrané podľa kritérií v Tabuľke 2 a označené v mape.

Obrázok 2 demonštruje implementáciu oboch spôsobov do mapy a identifikované lokality, na ktorých bude nutné následne vykonať opakované meranie.



Obr. 2. Identifikácia lokalít pre opakované merania.

Fig. 2. Identification of localities for repeated measurements.

Záver

V súčasnosti používaný spôsob zberu údajov je rovnaký pre celú cestnú sieť SR. Dôležité bolo dodržať ho najmä pri prvotnom zozbieraní všetkých uzlových bodov a uzlových úsekov a to bez rozdielu v hierarchickom usporiadaní cestnej siete. Tým je zabezpečená rovnaká kvalita lokalizačnej základne ISMCS. V čase, keď je lokalizačná základňa **kompletná** a začína sa obdobie rutínnej prevádzky, je na mieste jej aktualizácia novými meraniami a spresňovanie opakovanými meraniami.

Pre tieto účely bol spracovaný ilustrovaný spôsob, ktorým je možné identifikovať lokality s nevyhovujúcimi kvalitatívnymi výsledkami merania alebo lokality bez akéhokoľvek GPS signálu. Výstupné súbory sú pripravené pre meračské posádky tak, ako sú ilustrované na Obr. 2. V súčasnosti je možné vykonávať opakované merania v závislosti na zvolených prioritách. Tie odzrkadľujú najmä hierarchické usporiadanie cestnej siete v kombinácii s intenzitou dopravy.

Literatúra – References

www.ssc.sk

www.agis.sk

Trimble Geomatics Office - spracovanie meraní, ver. 1.50, *užívateľská príručka*.

Import súradníc bodových objektov v Pathfinder Office, *užívateľská príručka*.