

Branislav HRICKO

VYUŽITIE GPS PRI MAPOVANÍ V ZALESNENÝCH ÚZEMIACH

Hricko, B.: GPS Surveying under the Forest Canopy. Kartografické listy 2003, 11, 2 figs., 2 tabs., 8 refs.

Abstract: The paper is intended to present some of the results of measurements Global Positioning System (GPS) receivers under forestry conditions. GPS data were collected using Pathfinder Pro XR/S, GeoExplorer 3 and Pathfinder Pocket receivers. Tests were done in stands of varying species compositions and gross volumes. The main objectives were to provide information on the relationship between selected stand condition and data quality. The results support the concept that relationship between stand conditions and data quality is significant.

Keywords: GPS, positioning, receiver, forest conditions.

Úvod

Úlohou dnešného mapovania lesov je zabezpečiť spoľahlivé polohopisné a výškopisné podklady na vyhotovenie lesníckych máp a plánov na určovanie výmery a polohy jednotiek priestorového rozdelenia lesa, evidenciu lesných pozemkov a na ďalšie účely hospodárskej úpravy lesov. Lesnícke mapovanie je špecifické tým, že k požiadavke primeranej kartografickej presnosti pristupujú požiadavky na zobrazenie rôznych špeciálnych lesníckych prvkov, čo lesnícke mapovanie jednoznačne radí do kategórie tematického mapovania. Veľkému rozsahu lesníckeho mapovania, náročnosti a rôznorodosti podmienok, v ktorých sa mapovanie vykonáva, treba nevyhnutne prispôbiť aj výber metód a pracovných postupov použiteľných na lesnícke mapovanie. K týmto faktorom, dnes viac než kedykoľvek predtým, treba pripočítať hospodárnosť a ekonomickú náročnosť jednotlivých metód. V týchto súvislostiach sa v súčasnosti upriamuje pozornosť najmä na využitie systému GPS (Global Positioning System) na určovanie polohy bodov pod clonou lesného porastu, ako aj prostriedkov digitálnej fotogrametrie na plošné spracovanie leteckých meračských snímok [2,6].

Príspevok sa zameriava na prezentáciu výsledkov dosiahnutých meraním viacerými typmi prijímačov GPS v podmienkach úplného začlenenia obzoru lesným porastom. Na základe získaných skúseností naznačuje ďalší vývoj vo využití tejto metódy v lesníckom mapovaní. Výsledky z jednotlivých etáp merania sa spracovali štatistickými metódami, ktorými sa posudzoval:

- vplyv porastu na dosiahnuté výsledky,
- vplyv porastových podmienok testovacích plôch na dosiahnuté výsledky,
- vplyv jednotlivých porastových charakteristík na dosiahnuté výsledky.

Príspevok sa zmieňuje aj o niektorých výsledkoch získaných v rámci riešenia výskumného projektu VEGA MŠ SR a SAV (2003–2005) s názvom *Metódy na zisťovanie a spracovanie informácií o stave lesa pre lesnícke mapovanie a tvorbu digitálnych databáz*.

Experimentálny materiál

Testovacie merania sa vykonali na testovacej množine bodov, ktorých súradnice systému JTSK sa zamerali polárnou metódou z vrcholov obojstranne súradnicovo pripojeného a obojstranne orientovaného polygónového ťahu ako podrobné body. Polygónový ťah bol založený a testovaný v rokoch 1994 až 1997 medzi trigonometrickými bodmi 23-Dibák a 47-Trebuľa v katastri obce Kováčová. Jeho vrcholy sú umiestnené pri hrebeňovej približovacej ceste, pričom väčšina strán ťahu je vedená priamo v lesných porastoch.

Geometrické parametre ťahu spĺňajú kritériá kladené na hlavné ťahy s krátkymi dĺžkami strán (60–400 m) podľa *Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach 984 121 I/93* (1994). Pri určovaní polohy vrcholových bodov polygónových ťahov sa dosiahla presnosť 2. triedy primárneho bodového polohového poľa (PBPP) tematického [5].

Testovaciu množinu bodov pod clonou lesného porastu tvorila sieť 6 x 5 stabilizovaných testovacích bodov umiestnených na plochách v rôznych porastových podmienkach. Na porovnanie boli použité 2 kontrolné (trigonometrické) body umiestnené na voľnej ploche.

Všetky merania prijímačmi GPS sa vykonali v testovacom bodovom poli, vytvoreného v rámci štatistickej objektivizácie kombináciou náhodnej a systematickej metódy. Po náhodne zvolenom prvom bode v rámci testovacej plochy sa bodové pole doplnilo do počtu 5, stabilizovaním ďalších bodov v pravidelných rozstupoch 10 m, resp. 5 m s podmienkou, aby sa celá skupina bodov na testovacej ploche nachádzala v približne rovnakých porastových podmienkach. Plochy A až E boli umiestnené v rovnakých expozíciách (plochý – mierny hrebeň), len plocha F bola umiestnená v doline, na úpätí svahu so sklonom 55% s východnou expozíciou, pričom porastové podmienky boli na nej veľmi podobné podmienkam na ploche A. Všetky testovacie body sa stabilizovali kovovými rúrkami. Charakteristiku porastových podmienok ilustruje tab. 1.

Tab. 1 Charakteristika porastových podmienok testovacích plôch

plocha	vek*	zastúpenie [%]	d _{1,3} [cm]	stredná výška [m]	objem HBK [m ³]	objem SSK [m ³]
A	80	DB – 40 BK – 30 SM – 20 HB – 10	25	21	0.51	0.58
B	80	SM – 100	32	22	0,75	0.84
C	30	HB – 100	9	12	0.03	0.04
D	30	BO – 80 DB – 20	4	9	0.01	0.01
E	30	SMC – 100	18	22	0.26	0.32

*hodnota veku zistená z lesného hospodárskeho plánu, d_{1,3} – hrúbka stredného kmeňa, HBK – hrúbka s kôrou, SSK – strom s kôrou, DB – dub, BK – buk, SM – smrek, HB – hrab, BO – borovica, SMC – smrekovec.

Testovacie merania prijímačmi GPS

Merania prijímačmi GPS sa vykonávali v období od 18. 9. 2000 až po záverečné merania z marca 2003 (podľa toho, ako sa podarilo požičať testované prístroje od firmy AGIS s. r. o). Pretože merania rôznymi typmi prijímačov neboli vykonávané v tom istom čase, hodnotila sa dosiahnuteľná presnosť jednotlivých použitých prijímačov v podmienkach merania pod úplnou clonou lesného porastu.

Namerané údaje boli predmetom štatistického rozboru s cieľom zistiť veľkosti vplyvu lesného porastu, vrátane analýzy vplyvu jednotlivých faktorov – porastových charakteristík, na dosiahnuté výsledky.

Pretože merania viacerými typmi prijímačov jednoznačne dokázali nemožnosť fázového merania polohy bodov prijímačmi GPS, na bodoch pod porastovou clonou, všetky uvádzané výsledky sú výsledkami kódového merania.

V rámci každého súboru meraní sa použila modifikovaná rýchla statická metóda zisťovania polohy bodov prijímačmi GPS, pričom limitujúcim faktorom merania na jednom bode nebola dĺžka merania, ale minimálny počet observácií. V našom prípade sa tento počet stanovil na 60 observácií podľa [1,3].

V testovacích meraniach sa použili tieto prijímače GPS:

Pathfinder Pro XR/S:

Jednofrekvenčný prijímač – L1/CA pre kódové aj fázové merania, počet kanálov – 12.

Garantovaná presnosť – pri nastavení: min. počet satelitov – 5, PDOP6, SNR>6, EM 15°.

Vysvetlivky skratiek: L1 – nosné vlnenie v L pásme rádiových vln, CA – voľný prístup, PDOP – hodnota koeficientu chyby z geometrického usporiadania zachytených družíc, SNR – hodnota minimálnej sily spracovávaného signálu, EM – uhol nad vodorovným horizontom, od ktorého sú družice registrované.

Kódové merania s diferenciálnou korekciou: 50cm (horizontálna)

<1m (vertikálna)

Geoexplorer 3:

Jednofrekvenčný prijímač – L1/CA pre kódové aj fázové merania, počet kanálov – 12.

Garantovaná presnosť (pri nastavení: min. počet satelitov – 5, PDOP6, SNR >4).

Kódové merania s diferenciálnou korekciou po postprocesingu: 1 – 5 m.

GPS Pathfinder Pocket:

Jednofrekvenčný prijímač – L1/CA pre kódové merania, počet kanálov – 8,

Garantovaná presnosť (pri nastavení: min. počet satelitov – 5, PDOP6, SNR >4)

kódové merania s diferenciálnou korekciou po postprocesingu: 2 – 5 m

Merania prijímačom Pathfinder Pro XR/S sa vykonali v dňoch 18. a 19. septembra 2000 pri plnom olistení drevín a 21. 3. 2001 pod porastom bez olistenia. Pretože štatistická analýza nepotvrdila štatisticky významný rozdiel medzi jednotlivými meraniami, prezentované výsledky sú priemerom týchto meraní. Všetky merania sa vykonali pri týchto nastaveniach: PDOP<6, SNR>6, EM 15°, minimálny počet observácií 60, observačný interval 2 sek. Hlavný dôraz v práci bol venovaný maximálne možnej dosiahnuteľnej polohovej presnosti, preto prezentované výsledky sú výsledkami diferenciálneho merania v reálnom čase s využitím referenčných údajov geostacionárnej stanice OmniStar, pričom výšková chyba nebola predmetom skúmania. Všeobecne platný prístup pripúšťa, že veľkosť výškovej chyby je približne trojnásobkom polohovej chyby.

Merania prijímačom GeoExplorer 3, sa vykonali v dňoch 13. 9. 2001, 14. 9. 2001 a 17. 9. 2001 (v podmienkach plného olistenia porastu) pri týchto nastaveniach prijímača: maximálne PDOP6, minimálne SNR 4 a EM 10°, minimálny počet observácií 60, observačný interval 2 sek. Prezentované výsledky sú priemerom z týchto meraní, pričom výsledná hodnota m_{xy} sa dosiahla postprocesingovým spracovaním údajov referenčnej stanice Trimble, ktorej prevádzkovateľom je bratislavská firma ErasData-Pro spol. s r. o. s observačným intervalom 1s.

Merania prijímačom Pathfinder Pocket sa uskutočnili 25. 3. 2003 pod porastom bez olistenia pri týchto nastaveniach prijímača: PDOP<5, SNR>5, EM 15°, minimálny počet observácií 60, observačný interval 2 sek. Výsledná hodnota m_{xy} sa dosiahla postprocesingovým spracovaním údajov z referenčnej stanice umiestnenej v Banskej Bystrici, ktorú od konca roku 1998 skúšobne prevádzkuje Výskumný ústav spojov (VÚS) v spolupráci s firmou Ornth s. r. o. Merania sú rutinne vykonávali denne (okrem dní pracovného voľna a pokoja) medzi 9,00 a 18,00 prijímačom GPS ProMARK X firmy Magellan. Dáta sú z družíc do prijímača GPS ukladané v dvojsekundových intervaloch a na serveri VÚS sú k dispozícii vo formáte súboru RINEX.

Dosiahnuté výsledky

Posúdenie vplyvu porastu na dosiahnuté výsledky

Pri štatistickom vyhodnotení [4,5] vplyvu cloniaceho porastu na dosiahnutú presnosť vyjadrenú hodnotou m_{xy} a použila sa metóda analýzy variancie, ktorá jednoznačne potvrdila štatisticky významný vplyv clony na presnosť, a to pre všetky tri použité typy prijímačov GPS. Výsledné hodnoty porovnávacej veličiny, ktorou bola stredná súradnicová chyba m_{xy} , uvádza tab. 2. Hodnota strednej súradnicovej chyby m_{xy} sa vypočítala podľa vzťahu:

a) Výpočet rozdielov súradníc (odchýliek) δ_{xi} , δ_{yi} , δ_{zi} :

$$\delta_{xi} = X_G - X_F \qquad \delta_{yi} = Y_G - Y_F \qquad (1)$$

kde:

X_G, Y_G – správne geodetické súradnice,

X_F, Y_F – vypočítané (GPS – určené) súradnice,

i – poradové číslo.

b) Výpočet m_x, m_y - stredných chýb určenia súradníc $[x], [y]$:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_{xi}^2}{n}} \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_{yi}^2}{n}} \quad (2)$$

c) Výpočet strednej súradnicovej chyby m_{xy} :

$$m_{xy} = \pm \sqrt{0.5 \cdot (m_x^2 + m_y^2)} \quad (3)$$

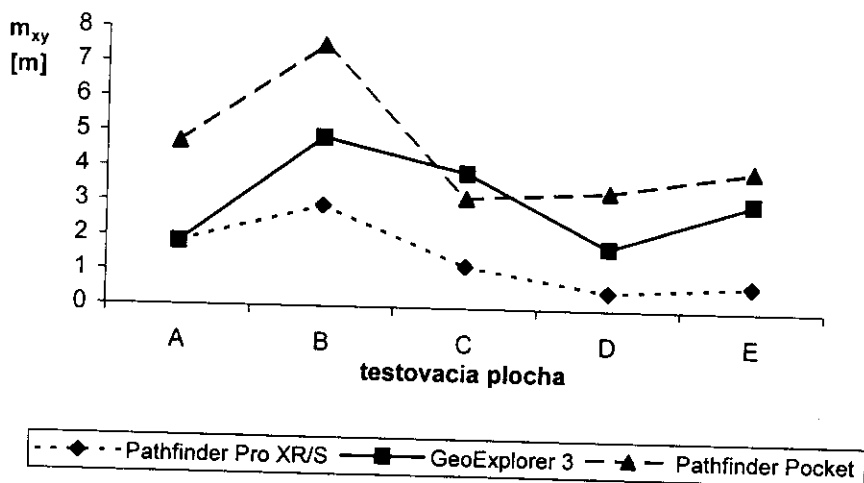
Posúdenie vplyvu porastových podmienok testovacích plôch na dosiahnuté výsledky

Štatistický rozbor výsledkov nezávislého merania testovaných prijímačov GPS, založený na posudzovaní odchýlok súradníc testovacích bodov, potvrdil, že vplyv porastových podmienok na presnosť zisťovania polohy bodov prijímačmi GPS je štatisticky významný. Merania toto tvrdenie dokazujú vo všetkých prípadoch. Dôkazom je približne rovnaký tvar spojnice priemerov dosiahnutých m_{xy} (podľa typu prijímača) na testovacích plochách (obr. 1) a údaje v tab. 2 (dosiahnuté m_{xy} na jednotlivých plochách podľa typu prístroja). Pri všetkých typoch prijímačov GPS boli najmenej presné výsledky z plochy B (dospelá smrečina) a naopak najpresnejšie výsledky boli z plochy D (dubovo-borovicá žrdovina), resp. v prípade prijímača Pathfinder Pocket z plochy C (hrabová žrdovina), pričom rozdiel medzi dosiahnutou m_{xy} na tejto ploche a m_{xy} dosiahnutou na ploche D bol relatívne malý. Poradie plôch podľa dosiahnutej presnosti pre jednotlivé typy prijímačov GPS je:

Pathfinder Pro XR/S	– D, E, A, C, B
GeoExplorer 3	– D, A, E, C, B
Pathfinder Pocket	– C, D, E, A, B

Tab. 2 Dosiahnuté m_{xy} na testovacích plochách

	Pathfinder Pro XR/ S	GeoExplorer 3	Pathfinder Pocket
plochy	m_{xy} [m]		
A	1.83	1.83	4.72
B	2.92	4.88	7.54
C	1.22	3.91	3.19
D	0.52	1.79	3.41
E	0.74	3.11	4.06
priemer	1.45	3.10	4.58
voľná plocha	0.46	0.33	0.54



Obr. 1 Grafické znázornenie dosiahnutých m_{xy} na testovacích plochách

Posúdenie vplyvu jednotlivých porastových charakteristík na dosiahnuté výsledky

Z podrobného štatistického skúmania vplyvu porastových veličín na dosiahnutú presnosť sa potvrdilo, že najväčší vplyv má stredný objem stromu cloniaceho porastu s kôrou a hrúbka stredného kmeňa cloniaceho porastu. So zväčšujúcimi sa hodnotami týchto charakteristík sa zväčšuje rozptyl nameraných hodnôt okolo priemernej hodnoty, a aj vzdialenosť priemernej hodnoty od hodnoty skutočnej, t. j. zväčšuje sa stredná chyba merania (m_{xy}), resp. znižuje sa presnosť merania polohy bodov prijímačmi GPS pod cloniacim lesným porastom.

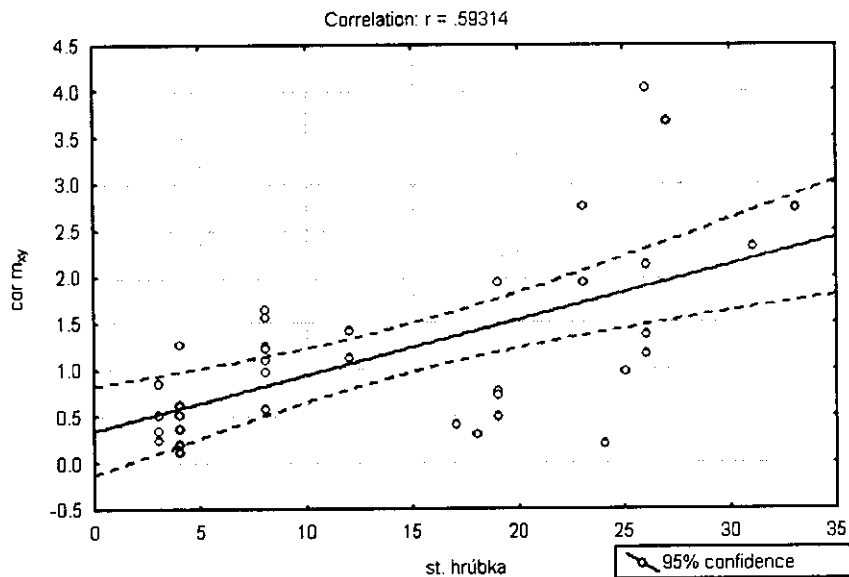
Výsledky dosiahnuté jednotlivými typmi prijímačov GPS treba však považovať (v zmysle vyššie charakterizovaného postupu výberu testovacích bodov) za krajné, pretože sa dá predpokladať, že samotné meranie hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL) bude spravidla prebiehať v priaznivejších podmienkach z hľadiska porastovej clony.

Pri skúmaní vplyvu jednotlivých porastových charakteristík na výslednú presnosť sa zisťoval stupeň závislosti medzi dosiahnutými výsledkami a porastovými charakteristikami, t. j. korelácie – vyjadrené korelačným koeficientom. Výsledky ukázali, že najtesnejšia závislosť, vyjadrená korelačným koeficientom $r_{xy} = 0,593$, sa pre prijímač Pathfinder Pro XR/S preukázala medzi m_{xy} a strednou hrúbkou stromu.

Grafické znázornenie uvedenej závislosti zobrazuje obr. 2. V prípade prijímača GeoExplorer 3 závislosť medzi m_{xy} a strednou hrúbkou stromu má korelačný koeficient hodnotu $r_{xy} = 0,583$. Pre obidva prípady merania sa dá konštatovať, že existuje štatisticky významný vzťah medzi dosiahnutou hodnotou m_{xy} a hrúbkou cloniaceho porastu, pretože hodnoty korelačných koeficientov výrazne presahujú hraničnú hodnotu korelačného koeficientu – 0,337 pre početnosť 25.

Pri vyhodnotení dosiahnutej presnosti určenia polohy bodov, pod porastovou clonou na testovacích plochách jednotlivými prijímačmi GPS vidieť (tab. 2), že ani jeden z hodnotených prijímačov na žiadnej ploche nesplnil požiadavky 5. triedy presnosti. Najlepšie výsledky mal prijímač najvyššej kategórie presnosti – Pathfinder Pro XR/S, kvalitatívne najmenej presné výsledky sa dosiahli prijímačom najnižšej kategórie – Pathfinder Pocket.

Výsledkoch dosiahnuté na testovacích bodoch umiestnených na voľnej ploche bez clony, prijímače Pathfinder Pro XR/S aj GeoExplorer 3 dávali hodnoty udávané výrobcom (do 50 cm resp. 1 – 5 m), ktoré spĺňajú aj kritérium na 5. triedu presnosti mapovania. Tomuto kritériu sa priblížil aj prijímač Pathfinder Pocket, keď hodnota m_{xy} bola väčšia len o 4 cm.



Obr. 2 Korelácia medzi dosiahnutou presnosťou (m_{xy}) a strednou hrúbkou:
korelácia: $r = 0,59314$ (korelačný koeficient $r_{xy} = 0,59314$), spoľahlivosť – 95 %

Podľa štruktúry základnej lesníckej digitálnej mapy (ZLDM), definovanej *Pracovným postupom...* [8] jediný prvok, ktorého zameranie vyžaduje povinnosť stabilizovať lomové body, je hranica lesného užívateľského celku (LUC), pretože táto hranica je zároveň vlastníckou hranicou. Okrem povinnosti stabilizácie lomových bodov tejto hranice, dodržanie kritérií *Inštrukcie na tvorbu ŽMVM SR* [7] znamená, že tieto lomové body musia byť zamerané v 4. triede presnosti mapovania.

Pre ostatné prvky ZLDM – hranice dielcov, čiastkových plôch, porastových skupín, línie ciest, potokov a prvky účelovej lesníckej digitálnej mapy (ÚLDM) – pasuly ochranných lesov, lesov osobitného určenia, CHKO, národných parkov, imisných pásiem, hranice obnovného prvu, dočasné približovacie cesty, spevňovacie pásy, či hranice lesných a pôdnych typov – stabilizácia lomových bodov nie je potrebná. Všetky lomové body týchto prvkov lesníckych digitálnych máp (LDM) však podľa platnej legislatívy musia byť zamerané v 5. triede presnosti mapovania.

Výber lomových bodov meraných prvkov ZLDM je samozrejme závislý od priebehu ich hraníc. Ak sa nedá použiť prijímač GPS na zameranie polohy bodu (napr. z dôvodu nemožnosti prijať signál satelitov GPS), dajú sa metódy merania GPS vzájomne kombinovať s ďalšími terestrickými metódami na meranie polohy bodov. Prijímač GPS určí najvýhodnejšiu polohu zhutňovacích bodov, na ktoré nadviažu následné meranie. Terestrické metódy merania polohy bodov môžu byť zo skupiny „klasických“, akými sú napr. polygonizácia a najmä tachymetria, ale veľmi výhodná je aj kombinácia prijímačov GPS s ďalšími doplnkovými prístrojmi, napr. laserovým diaľkomerom s využitím polárnej metódy podrobného mapovania hraníc JPRL. Meranými veličinami zo stanoviska určeného prijímačom GPS sú dĺžka strany a presný magnetický azimut miera strany.

Dosiahnuté výsledky meraní polohy bodov prijímačmi GPS pod clonou lesného porastu možno zovšeobecniť do týchto záverov:

- lesný porast svojou clonou štatisticky významne ovplyvňuje dosiahnutú presnosť polohy bodov zistenú prijímačmi GPS,
- pod clonou lesných porastov (pri meraní polohy bodov prijímačmi GPS) sa nedá použiť metóda fázových meraní, ale len metóda kódových meraní,

- medzi meraním polohy bodov prijímačmi GPS pod lesným porastom bez olistenia a pod lesným porastom v plnom olistení nie je štatisticky významný rozdiel,
- štruktúra lesného porastu štatisticky významne ovplyvňuje dosiahnutú presnosť polohy bodov zistenú prijímačmi GPS,
- dosiahnutú presnosť štatisticky najvýznamnejšie ovplyvňujú porastové charakteristiky vyjadrujúce objemové charakteristiky cloniaceho lesného porastu – stredná hrúbka porastu, objem stredného kmeňa, objem stredného stromu,
- kódové meranie s postprocesingovým spresnením nameraných dát (pomocou údajov z referenčnej stanice) sa ukázalo ako najvýhodnejšia metóda merania v podmienkach lesných porastov,
- najväčšou prekážkou pri meraní polohy bodov prijímačmi GPS pod porastovou clonou sú listová clona vytvorená drevnou hmotou okolostojaceho lesného porastu, a geomorfologické pomery stanovišťa meraného bodu.

Merania všetkými vhodnými typmi prijímačov GPS preukázali, že je nemožné v takýchto podmienkach použiť na meranie polohy bodov metódu fázového merania, ktorá vyžaduje dlhšiu periódu (spravidla viac ako 15 minút) pre nepretržitý príjem signálu z tých istých satelitov. Ak sa príjem signálu preruší, celá meracia perióda začína odznovu. Dodržanie tejto podmienky je v takomto prípade prakticky vylúčené, pretože prekážky tvorené okolitým cloniacim lesným porastom dovoľujú preniknúť signálom zo satelitov cez „medzery v porastovej clone“ až k anténe prijímača, ale ich veľkosť rozhodne nepostačuje na nepretržitý príjem.

Signál, ktorý sa dostane k anténe prijímača cez porastovú clonu, tvorenú listovou a najmä drevnou hmotou dostane, je často odrazený, čím vzniká tzv. *multipath efekt*. Výsledkom je znížená presnosť určenia polohy bodu, často zaťažená systematickou chybou. Vplyv tohoto chybového faktoru sa nedá v porastových podmienkach odstrániť a aj snahy samotných výrobcov prijímačov GPS o jeho elimináciu vedú len k jeho čiastočnému zníženiu.

Záver

Testovacie merania a dosiahnuté výsledky z nich, poukázali na problémy, s ktorými je nevyhnutné počítať pri možnom použití metód určovania polohy bodov prijímačmi GPS pod úplnou clonou lesného porastu. Potvrdilo sa, že lesný porast významne vplyva jednak na metódu merania určovania polohy bodov, ako aj svojou štruktúrou – drevinovým zložením a porastovými charakteristikami – štatisticky významne ovplyvňuje presnosť určenia polohy bodu. Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že pri kódových meraniach rôznymi typmi prijímačov GPS pod cloniacim porastom presnosť týchto výsledkov klesá s rastom objemových charakteristík cloniaceho lesného porastu – hrúbkou stredného kmeňa, objemom kmeňa a objemom stromu s kôrou.

Hodnoty dosiahnuté na testovacích bodoch (na voľnej ploche bez clony) prijímačmi Pathfinder ProXR/S aj GeoExplorer 3 (tab. 2) spĺňajú aj kritérium na 5. triedu presnosti mapovania. Je nevyhnutné skonštatovať, že trvanie na dodržaní tejto podmienky pre celé mapové dielo lesného hospodárstva je veľmi otáznе a nevhodné, keďže jednoznačné identifikovanie hraníc predmetov lesníckeho merania je v teréne možné len výnimočne (hraničné kopce, kmene hraničných stromov, ostré okraje spevnených približovacích ciest) a pri ostatných predmetoch merania sú tieto hranice, aj v samotnom teréne, s požadovanou presnosťou ťažko zistiteľné.

Pri úvahách o ďalšom smerovaní lesníckeho mapovania treba prehodnotiť súčasný legislatívny stav, najmä dodržiavanie 5. triedy presnosti mapovania pre všetky prvky základnej lesníckej mapy. Následná diferenciácia jednotlivých prvkov lesníckeho mapovania v zmysle novonavrhnutej predpisanej presnosti mapovania (napr.: hranice LUC – 4. trieda presnosti; hranice ostatných prvkov ZLDM – hranice dielcov, čiastkových plôch, porastových skupín, línie ciest, potokov – 5. trieda presnosti; hranice prvkov ULDM – paspuly ochranných lesov, lesov osobitného určenia, CHKO, národných parkov, imisných pásiem, hranice obnovného prvku, dočasné približovacie cesty, spevňovacie pásy, či hranice lesných a pôdnych typov – presnosť mapovania udaná relatívnym spôsobom, a to – $0,0004 \times M$ [m], t. j. $m_{xy} = 2,0$ m by okrem zrealizovania súčasného stavu otvárala veľké perspektívy pre použitie nových metód v lesníckom mapovaní.

Z uvedeného vyplýva, že ďalšia perspektíva širšieho využitia systému GPS v lesníckom mapovaní je podmienená dvoma faktormi, ktorými sú:

- zrealizovanie kritérií presnosti pre tvorbu ZLM,
- umožnenie vhodnej kombinácie prijímačov GPS s doplnkovými prístrojmi, resp. metódami, pre meranie polohy bodov „mimo dosahu prijímačov GPS.“

Literatúra

- [1] COURTEAU, J., DANCHE, M. H. A Comparison of Seven GPS Units under Forest Condition. In: *Forest Engineering Research Institute of Canada, Special Report No. SR-120*, 1997.
- [2] HRICKO, B., ŽIHĽAVNÍK, Š. Určovanie polohy bodov pomocou GPS v lesných porastoch. In: *Geodézia, fotogrametria a inžinierska geodézia v informačnej spoločnosti*. STU Bratislava, s. 272–280.
- [3] STJERNBERG, E. A Test of GPS Receivers in Old-growth Forest Stands on The Queen Charlotte Islands. In: *Forest Engineering Research Institute of Canada, Special Report No. SR-125*, 1997.
- [4] ŠMELKO, Š. *Štatistické metódy v lesníctve*, TU Zvolen, 1995.
- [5] TUČEK, J., LIGOŠ, J. Forest canopy influence on the precision of location with GPS receivers. *Journal of forest science*, 48, No 9, 2002, s. 399–407.
- [6] TUNÁK, D. Určovanie polohových bodov v zalesnených územiach metódou polygónových ťahov. In: *Aktuálne problémy lesníckeho mapovania*, TU Zvolen, 1998, s. 127–135.
- [7] *Inštrukcia na tvorbu Základnej mapy SR veľkej mierky 984 211 I/93*. ÚGKK SR Bratislava, 1993.
- [8] *Pracovný postup na tvorbu tlač a archiváciu tematického štátneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva*. Lesoprojekt Zvolen, 1999.

S u m m a r y

GPS Surveying under the Forest Canopy

Global Positioning System data were collected in different growth forest conditions in period – from September 2000 to March 2003 using Pathfinder ProXR/S, GeoExplorer 3, Pathfinder Pocket receivers. Tests were done in broadleaved and coniferous stands of varying species compositions, gross volumes and ages as well as in the open. The main objectives were to provide information on the relationship between selected stand conditions and data quality. The most interesting result to emerge is that there is strong evidence for significant relationship between stand conditions and data quality.

This project demonstrated that GPS can be used successfully in old-growth forest, with some limitation on precision and the most interesting and important is conclusion, that we can predict this limitation according to actual stand conditions.

Fig. 1. Graph of mean errors (m_{xy}) on tested areas

Fig. 2. Correlation between mean errors and mean thickness of standing woods

Tab. 1. Forest conditions of tested areas

Tab. 2. Mean error results on tested areas

Lektoroval:

Doc Ing. Ján Tuček, CSc.,

Technická univerzita, Zvolen