

Практическая точность различных режимов GPS-съемки под пологом древостоя

Известно, что древесный полог отрицательно сказывается на точности GPS-позиционирования из-за ослабления GPS-сигнала [1, 3]. По исследованиям Т. Йошимура [3] внутренняя и абсолютная точность в плане автономных GPS-измерений в лесу варьируется в пределах 2,16–6,79 м и 3,26–6,19 м соответственно. Н.М. Холдэн [1] показал, что внутренняя и абсолютная точность DGPS-съемки увеличивается со снижением сомкнутости полога. Среднеквадратическое отклонение абсолютной плановой точности DGPS-позиционирования в лесных условиях по исследованиям данного автора лежит в пределах 0,5–9,7 м. Большинство исследований показывают большую вариацию точности в зависимости от типа используемой аппаратуры [2]. Точность относительного позиционирования по исследованиям [1, 3], значительно ухудшается под кронами деревьев, однако даже в таких условиях удавалось получать фиксированное решение. При комбинированной обработке кодовых и фазовых наблюдений средняя ошибка ранжировала в пределах от 0,79 до 2,25 м [3]. Японские авторы Хасегава и Йошимура (2003) пришли к выводу, что вероятность решения фазовой неопределенности, которая является ключом точного позиционирования, зависит от сомкнутости полога и времени съемки. Хасегава [1] отмечает, что не было получено фиксированных решений под пологом древостоев постобработкой кинематических измерений, при использовании как одночастотных, так и двухчастотных приемников. Однако эти же авторы отмечают, что разработаны новые методы разрешения фазовой неопределенности, такие как RTK (real time kinematic) и OTF (on the fly), которые, используя обе частоты L1 и L2, позволяют быстро разрешать неопределенности даже в движении. Турецкие исследователи [5] сравнили разброс координат навигатора Garmin 12XL и приемника Leica SR530, функционировавшего в режиме кинематики реального масштаба времени (RTK). Средний разброс составляет 5,24 м и 9,34 м соответственно в режиме RTK и для приемника Garmin.

В данной работе представлены результаты сравнения точности различных режимов GPS-съемки под пологом древостоя.

Объекты и методы исследования. Для определения точности GPS-позиционирования в древостоях Центрального лесничества Не-

горельского учебно-опытного лесхоза был создан опытный участок площадью около 5 га. Полнота смешанного елово-соснового древостоя на пробном участке находится в пределах 0,8–0,9. Средний возраст – 80 лет. Вдоль длинных сторон участка на визире через 50 м были закреплены колышками точки съемки, их координаты определены с ошибкой около 1 см.

Получение и обработка GPS-данных. GPS-съемка автономным методом производилась приемниками Trimble R3, а относительная – Trimble R3 и Trimble R8 GNSS. Данные автономных наблюдений были переданы на ПК в текстовом формате и обработаны в MS Excel. Относительные наблюдения были обработаны с использованием программ Trimble Geomatics Office и Trimble Business Center. Относительные наблюдения велись в режимах FastStatic (быстрая статика, далее FS), PPK (postprocessed kinematic – кинематика в пост обработке), RTK (real time kinematic – кинематика в реальном времени).

Абсолютная σ_H accuracy точность в плане была вычислена, исходя из следующего выражения:

$$\sigma_H \text{ accuracy} = \sqrt{(\bar{x} - x_{true})^2 + (\bar{y} - y_{true})^2}; \quad (1)$$

где \bar{x}, \bar{y} – среднее значение координат x и y соответственно; x_{true}, y_{true} – истинное значение координат x и y соответственно.

Ошибки определения площади расстояний, как подчиняющиеся закону нормального распределения, оценивались с использованием среднеквадратического отклонения (СКО), рассчитываемого по ниже-следующим формулам:

$$СКО = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

$$P_i = \frac{S_i - S_{true}}{S_{true}} \times 100\%, \quad (3)$$

где P_i и \bar{P} – относительное отклонение площади участка и среднее относительное отклонение площадей участков соответственно, %; n – количество участков; S_i и S_{true} – площадь участка по данным спутникового позиционирования и тахеометрической съемки соответственно, m^2 .

Результаты и обсуждение. Абсолютная точность в плане GPS-съемки под пологом древостоев представлена в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что наиболее точными режимами GPS-съемки являются RTK GPS, FS 1,5 мин и PPK (в порядке уменьшения точности).

Таблица 1 – Абсолютная точность GPS-съемки под пологом, м

Показатель	Режим съемки					
	Автономное	FS 1,5 мин	FS 3 мин	PPK	RTK GPS	RTK GPS + ГЛОНАСС
Среднее	3,01	1,47	2,16	1,82	1,18	2,40
СКО	1,84	0,89	2,32	1,65	0,88	1,48

В табл. 2 представлена средняя ошибка определения расстояний при спутниковом позиционировании под пологом леса. Как видно из табл. 2, ошибка определения расстояний меньше при позиционировании в режимах RTK GPS, FS 1,5 мин и PPK.

Таблица 2 – Абсолютная точность определения расстояний GPS-съемкой под пологом, м

Показатель	Режим съемки					
	Автономное	FS 1,5 мин	FS 3 мин	PPK	RTK GPS	RTK GPS + ГЛОНАСС
Среднее	-1,11	-0,18	0,97	-0,77	0,51	-0,83
СКО	2,85	1,58	2,68	2,30	1,41	2,82

На рис. 1 представлена зависимость относительного СКО ошибки определения расстояний под пологом древостоев от длины сторон.

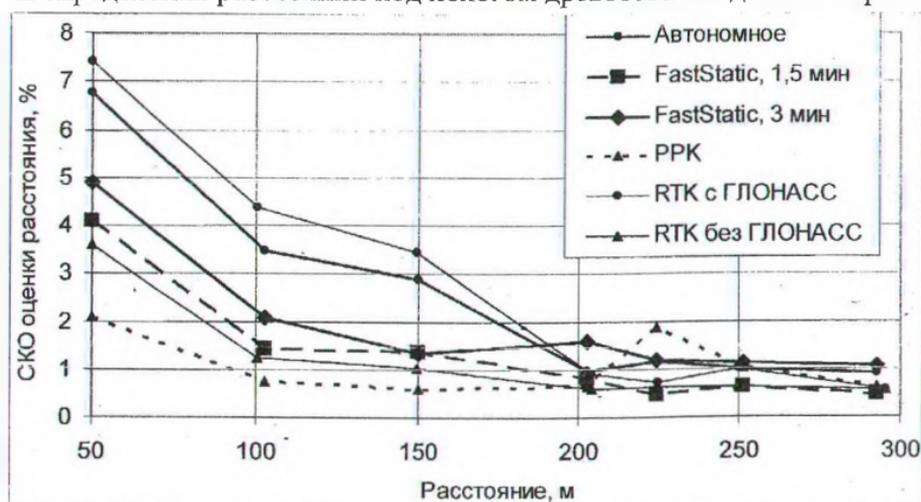


Рис. 1. Зависимость СКО оценки расстояний при GPS-съемке

Как показано на рис. 1, при увеличении расстояния между точками СКО относительной ошибки определения длины снижается с 7,5–2% до 1–0,5% в зависимости от режима съемки. При съемке в режимах PPK, RTK GPS, FS 1,5 мин относительная ошибка меньше в сравнении с другими режимами.

Зависимость относительного СКО ошибки определения площади от величины участка представлена на рис. 2. Как показано на рис. 2,

при увеличении площади участка с 0,5 га до 5 га, СКО определения площади снижается с 8,2–3,9% до 0,8–0,1%. При GPS-съёмке в режимах РПК, RTK GPS, FS 1,5 мин получаются наиболее точные значения площади в сравнении с другими режимами.

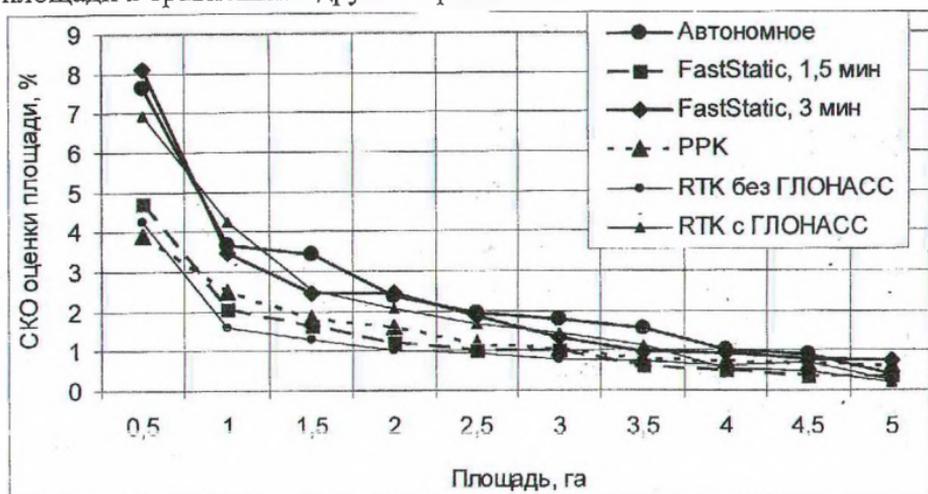


Рис. 2. Зависимость СКО оценки площади от величины участка при GPS-съёмке

ЛИТЕРАТУРА

1. Hasegawa, H. Application of dual-frequency GPS receivers for static surveying under tree canopies / H. Hasegawa, T. Yoshimura // J. For. Res. – 2003. – Vol. 8. – P. 103–110.

2. Martin, A. A., Holden, N. M., Owende P. M. O., Ward, S. M. 2001. The effects of peripheral canopy on DGPS performance on forest roads / A. A. Martin, N. M. Holden, P. M. O. Owende, S. M. Ward // International Journal of Forest Engineering – 2001 – Vol. 12(1). – P. 71–79.

3. Naesset E., Bjerke T., Øvstedal O., Ryan L. H. Contributions of Differential GPS and GLONASS Observations to Point Accuracy under Forest Canopies. // Photogram. Eng. Rem. Sens. –2000 – Vol. 66 (4) – P. 403–407.

4. Yoshimura, T. Comparing the precision and accuracy of GPS positioning in forested areas / T. Yoshimura, H. Hasegawa // J. For. Res. – 2003 – Vol. 8. – P. 147–152.

5. Zengin, H. Comparing the Performances of Real-Time Kinematic GPS and a Handheld GPS Receiver under Forest Cover / H. Zengin, A. Yeşil // Turk. J. Agric. For. – 2006. – Vol. 30. – P. 101–110.

УДК 630*5