

## **О ТОЧНОСТИ АВТОНОМНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ КООРДИНАТ ПРИ СЪЕМКЕ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ НАВИГАЦИОННЫМИ ПРИЕМНИКАМИ GARMIN**

Плановые наземные съемки контуров лесонасаждений, с малыми затратами полевого времени удобно проводить с использованием GNSS-приемников. В зависимости от класса точности спутниковых приемников, их количества координатные определения выполняют относительно или автономными методами позиционирования.

Относительное позиционирование по праву считается наиболее точным. Автономное позиционирование – это менее точный метод определения координат пунктов с использованием одного спутникового приемника любого класса точности, и в первую очередь навигационного.

Однако благодаря отмене в мае 2000 года режим «селективного доступа» сигналов спутников GPS, точность автономных определений координат значительно повысилась и достигла уровня, достаточного для решения многих производственных задач, включая определение координат опорных пунктов для привязки материалов аэрокосмических съемок.

Цель исследований – проанализировать точность результатов автономных определений координат навигационными приемниками Garmin Etrex 30 и GPSmap 60C при съемке границ лесонасаждений, плановой привязке аэрофото- и космических снимков и др.

Данные навигационные приемники используются в процессе проведения учебной практики по дисциплине «Аэрокосмические методы и системы глобального позиционирования».

Методом автономного позиционирования студенты определяют координаты точек, принадлежащими квартальным просекам, границам лесонасаждений, внутриквартальным выделам, производят плановую привязку аэрофотоснимков. Garmin Etrex 30 оснащен GPS-приемником, который поддерживает системы GPS и ГЛОНАСС.

При использовании сигналов от спутников ГЛОНАСС на расчет местоположения требуется в среднем на 20% меньше времени по сравнению с использованием одной системы GPS. При совместной работе двух систем GPS и ГЛОНАСС приемник может получать данные с 24 дополнительных спутников [1].

GPSmap 60C фирмы Garmin это 12-ти канальный навигационный приемник, способный принимать дифференциальные поправки,

непрерывно отслеживать и использовать до 12 спутников для расчета и обновления собственного местоположения. В приемниках ведется автоматическая запись текущей траектории, а также сохраняются 10 последних траекторий, что позволяет с легкостью повторить путь в любом из направлений. Каждый двухсторонний маршрут может включать до 50 точек. Данные, получаемые со спутников, один раз в секунду непрерывно обновляются [2].

Для оценки точности координатных определений спутниковыми приемниками Garmin студентами было выполнено координирование сети опорных пунктов учебного геодезического полигона, расположенных на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза.

GPS-приемники в процессе приема и обработки сигналов со спутников выдают угловые координаты своей антенны ( $N$  – широта,  $E$  – долгота) в глобальной геоцентрической системе координат WGS-84. Для координирования территории спутниковые широту  $N$  и долготу  $E$  преобразуют по соответствующим формулам в зональную прямоугольную систему координат проекции Гаусса-Крюгера.

Для территории Негорельского учебного геодезического полигона, координаты пунктов которого определены в местной прямоугольной (декартовой) системе координат, формулы преобразования координат были упрощены.

Упрощение формул основано на том, что учебный полигон (средняя долгота которого  $E \approx 27^\circ 03'$ ) расположен на малом удалении от осевого меридиана 6-градусной зоны. Здесь различие между декартовыми координатами  $x$  и  $y$  и их значениями в проекции Гаусса-Крюгера не превышает 0,15 м.

Таковыми погрешностями можно пренебречь при допустимой плановой погрешности координат  $\Delta_{xy} \approx 0,5$  м. На территории полигона и прилегающей территории достаточно точны следующие формулы для вычисления прямоугольных координат  $i$ -го пункта относительно координат базового пункта:

$$\begin{aligned}x_i &= x_B + l_N (N_i - N_B), \\y_i &= y_B + l_E (E_i - E_B),\end{aligned}\tag{1}$$

где  $x_i, y_i$  – прямоугольные координаты  $i$ -го пункта;  $N_i, E_i$  – широта и долгота  $i$ -го пункта (геоцентрические координаты);  $N_B, E_B$  – широта и долгота базового пункта;  $x_B, y_B$  – прямоугольные координаты базового пункта (выбираются из каталога координат);  $l_N, l_E$  – единичная длина дуги меридиана и параллели на широте  $N_B = 53^\circ 32'$ .

Если разности геоцентрических координат  $(N_i - N_B)$  и  $(E_i - E_B)$  определяемого и базового пунктов выражены в минутах, то  $l_N = 1855,03$  м;  $l_E = 1104,73$  м.

Для оценки точности результатов автономных определений, полученных навигационными приемниками, выполнили сравнение прямоугольных координат пунктов  $x_i$  и  $y_i$ , полученных по формуле (1) с прямоугольными координатами соответствующих пунктов из каталога координат.

На основании такого сравнения вычислили погрешности определений координат соответствующих пунктов по формулам:

$$\begin{aligned} m_{xi} &= x_i - x_{i(\text{кат})}, \\ m_{yi} &= y_i - y_{i(\text{кат})}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $m_{xi}$ ,  $m_{yi}$  – погрешности в определении положения пункта;  $x_i$ ,  $y_i$  – прямоугольные координаты пункта, полученные по результатам измерений навигационным приемником;  $x_{i(\text{кат})}$ ,  $y_{i(\text{кат})}$  – прямоугольные координаты соответствующего пункта из каталога.

Средние квадратические погрешности по осям координат определили по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{[m_i^2]}{n}}. \quad (3)$$

Средняя квадратическая погрешность положения пункта в плане рассчитана по формуле:

$$M_{x,y} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}. \quad (4)$$

Результаты оценки точности представлены в таблице.

**Таблица – Погрешности определения координат пунктов, м**

№	Погрешности по осям координат, м			
	Приемник Garmin eTrex 30		Приемник Garmin GPSmap 60C	
	$m_x$	$m_y$	$m_x$	$m_y$
1	1,86	7,73	2,02	4,12
2	1,16	5,19	0,65	10,42
3	1,55	6,75	7,51	17,26
4	8,3	6,59	14,52	8,12
5	7,67	0,22	0,95	9,54
6	7,81	2,54	3,79	9,80
7	6,35	16,88	4,90	1,17
8	3,19	3,03	4,21	12,88
9	2,56	6,23	6,78	5,78
10	3,89	7,32	8,44	7,89
11	8,11	4,89	5,89	11,88
	$m_x = 5,51$ м; $m_y = 7,33$ м; $M_{x,y} = 9,17$ м		$m_x = 6,61$ м; $m_y = 9,91$ м; $M_{x,y} = 11,90$ м	

Данные исследований свидетельствуют о том, что точность определения координат опорных пунктов навигационными приемни-

ками находится в пределах 10-12 м в плане, что вполне достаточно для выполнения привязки аэро- и космических снимков. Эти данные соответствуют данным приведенным в [3, 4].

Если использовать для привязки материалов аэрокосмических съемок существующие планы или карты, то следует учитывать, что средняя погрешность положения точек и контуров на таких картах и планах обычно составляет 0,75 мм в масштабе карты [3].

Например, точность определения контуров на топографической карте масштаба 1:50 000 соответствует на местности расстоянию в 30-40 м, а с использованием GPS-приемников дает точность в пределах 9-12 м.

Причем точность определения координат опорных пунктов навигационными приемниками можно повысить путем выбора соответствующих мест расположения опорных точек, а при возможности и необходимости – с помощью незначительной расчистки этих мест от растительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор-тестирование Garmin eTrex 10/20/30 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.garmin.by/reviews/obzor\\_testirovanie\\_garmin\\_etrex\\_10\\_20\\_30/](https://www.garmin.by/reviews/obzor_testirovanie_garmin_etrex_10_20_30/) – Дата обращения: 25.01.2024.
2. Garmin GPSmap 60С. Руководство пользователя // Garmin. U.S.A. – 2010. – 96 с.
3. Парахин, С. В. Поиск пунктов ГГС с помощью навигационного приемника GPS и ГИС «Карта 2005» / С. В. Парахин, О.Н. Бейчук, Л.С. Терентьева// Геопрофи. 2007. №2. С.16–18.
4. Манович, В. Н. Применение навигационных приемников GPS для построения цифровых карт и планов лесных ресурсов/ В. Н. Манович, В. В. Максимук // Геопрофи. 2003. №5. С.7–8.