

Исследование точности определения координат пунктов кодовым приёмником мобильного телефона

Д. А. Бирюков^{1}, А. А. Шевчук¹, В. А. Костеша¹, Д. В. Батенин¹*

¹ Государственный университет по землеустройству, г. Москва,
Российская Федерация

* e-mail: north444@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается исследование, целью которого является анализ точности определения координат и разработка методики снижения погрешности результатов измерений телефонной аппаратурой, обладающей кодовыми одно- или двухчастотными модулями приёма сигналов. Практическим результатом является возможность получения пространственных данных с помощью мобильного телефона для решения прикладных задач, в том числе по определению и учету границ земель боевых сражений.

Ключевые слова: Искусственный спутник Земли (ИСЗ), Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), смартфон, кодовый ГНСС-приемник

The study of the accuracy of determining the coordinates of points by a code receiver of a mobile phone

D. A. Biryukov^{1}, A. A. Schevchuk¹, V. A. Kostesha¹, D. V. Batenin¹*

¹ State University of Land Use Planning, Moscow, Russian Federation

* e-mail: north444@mail.ru

Abstract. The paper deals with research. The purpose of which is to analyze the accuracy of determining coordinates and develop a methodology for reducing the error in the results of measurements by telephone equipment with code single- or two-frequency signal reception modules. The practical result is the possibility of obtaining spatial data using a mobile phone to solve applied problems, including the definition and accounting of the boundaries of the lands of combat battles.

Keywords: Artificial Earth satellite (AES), Global Navigation Satellite System (GNSS), smartphone, GNSS code receiver

Введение

В настоящее время, благодаря достижениям в области космической и спутниковой геодезии, а именно, интеграции систем ГЛОНАСС, GPS, BeiDou, имеется возможность производить определения координат пунктов на местности, с сантиметровой и, в некоторых случаях, более высокой точностью. Для этого, применяются фазовые и кодовые спутниковые приёмники различных производителей: Leica (GS-10, GS-16), Trimble (R8, R12), PrinCE (i30, i90), EFT (M1, M3) и др.

Некоторые возможности вышеупомянутого ГНСС-оборудования, имеют современные сотовые телефоны (Samsung, Huawei, Honor и др.). В их конструкции, установлен модуль, позволяющий получать и обрабатывать кодовые сигналы от искусственных спутников Земли (ИСЗ), что делает из телефона, при

установке специализированного программного обеспечения, полноценный кодовый ГНСС-приемник. Точность таких определений обычно не превышает десяти метров.

Цель исследования – анализ точности определения координат и разработка методики снижения погрешности результатов измерений телефонной аппаратурой, обладающей кодовыми одно- или двухчастотными модулями приёма сигналов. Практическим результатом эксперимента, является возможность получения пространственных данных с помощью мобильного телефона для решения прикладных задач, в том числе, по определению и учету границ земель боевых сражений [1, 2, 3, 4].

Актуальность работы обусловлена, прежде всего, практической доступностью приборов измерений (смартфонов), их малыми габаритами и сравнительной простотой полевых и камеральных работ.

Методика выполнения исследования.

Исходные данные и применяемое оборудование:

1. Каталог координат пунктов научно-учебной базы «Чкаловская»;
2. Телефоны: одночастотный – Samsung A31; двухчастотные – Samsung S20+, Huawei P30, Xiaomi Mi 9T pro;
3. Программное обеспечение – Locus Map, Кредо Транскор 3.2 и Microsoft Excel – для выполнения полевых измерений и камеральной обработки.

На территории учебной базы, были выбраны твёрдые точки, имеющие различные условия наблюдений (открытая местность, застроенная территория, лесной массив) [5]. Прямоугольные координаты и описание местоположения пунктов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Прямоугольные координаты и описание местоположения пунктов

№№ п.п.	Название пункта	X, м	Y, м	Характеристика места расположения и закрепления пункта
1	К0	6197467,450	442815,460	В радиусе 100 метров открытая местность, закреплён центром.
2	Б20	6197557,710	442954,167	На открытой местности, с западной стороны, через 10м, лес, закреплён центром.
3	О1	6197332,800	442788,760	В окружении лесного массива, закреплён центром.
4	О2	6197450,060	442814,230	В радиусе 25 метров открытая местность, закреплён центром.

5	В-240	6197601,155	443169,752	В окружении лесного массива, закреплён центром.
6	Пашня	6197303,682	443417,467	На открытой местности, закреплён центром.

На каждую точку был установлен телефон на штативе или триподе. Фазовый центр антенны (область верхнего динамика) совмещался с геодезическим центром пункта, с точностью не хуже 0,03 м. (рис. 1).



Рис. 1 Установка кодового ГНСС-приемника мобильного телефона над центром пункта геодезической сети.

На каждой станции, выполнялась инициализация приема спутниковых сигналов в программе Locus Map, которая заключалась в получении сигналов от ИСЗ без записи в течении 15 минут. Для каждого мобильного телефона, произведены 90-130 измерений координат пунктов геодезической сети в абсолютном режиме. При этом, определение и фиксация геодезических сферических координат (широта В, долгота L), осуществлялись при нажатии соответствующей кнопки в окне программы Locus Map. Настройки программы были следующие:

- Система координат: псевдо-Меркатор;
- Формат исходных координат: WGS-84;
- Формат конечной системы координат: СК-42, зона 7.

По завершении всех измерений и накоплении достаточного объёма данных, все результаты были сохранены в память мобильного устройства.

Из программы Locus Map, произведён экспорт результатов спутниковых определений на персональный компьютер. формат выходного файла “csv”.

В программе Кредо Транскор, осуществлен импорт всех полученных измерений, ввод параметров перехода из сферических геодезических координат в прямоугольные и выполнено сохранение результатов трансформирования в формате “txt”.

Для введения поправок в результаты абсолютных измерений координат:

1. Выбрана одна опорная точка, расположенная на открытой местности. Для одночастотных измерений, этой опорной точкой являлся пункт геодезической сети “K0”, а для двухчастотных, – “Б20” [6, 7];

2. Определены невязки (f_x и f_y) в координатах на пунктах, принятых за опорные, как разности определённых телефоном и каталожных значений прямоугольных координат [8];

3. Вычислено среднее значение полученных невязок ($f_{X_{cp.}}$ и $f_{Y_{cp.}}$).

Невязки f_x и f_y вызваны, преимущественно, стандартными погрешностями ГНСС-измерений, в равной степени проявляющимися на каждом пункте наблюдений. Для повышения точности определения координат кодовым приёмником мобильного устройства, необходимо:

– Ввести средние значения невязок в координаты с обратным знаком на остальных точках;

– Сопоставить исправленные координаты с их каталожными значениями.

Результаты

Результаты предложенного алгоритма, а именно, точности определения местоположения пунктов телефонами, отображены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты обработки измерений

Пункт	$X_{cp.}, \text{ м}$	$Y_{cp.}, \text{ м}$	$f_{X_{cp.}}, \text{ м}$	$f_{Y_{cp.}}, \text{ м}$	$X_{cp(испр.)}, \text{ м}$	$Y_{cp(испр.)}, \text{ м}$	$f_{X_{cp(испр.)}}, \text{ м}$	$f_{Y_{cp(испр.)}}, \text{ м}$
Одночастотный приёмник								
K0	6197468,9 78	442821,4 05	+1,52 8	+5,94 5	-----	-----	-----	-----
O1	6197335,5 16	442790,0 12			6197333,9 88	442784,0 67	1,188	-4,693
O2	6197451,0 55	442821,0 56			6197449,5 27	442815,1 11	-0,533	+0,881

Пункт	X_{cp}, M	Y_{cp}, M	f_{Xcp}, M	f_{Ycp}, M	$X_{cp(испр.)}, M$	$Y_{cp(испр.)}, M$	$f_{Xcp(испр.)}, M$	$f_{Ycp(испр.)}, M$
Двухчастотный приёмник. Сессия №1								
Пункт	X_{cp}, M	Y_{cp}, M	f_{Xcp}, M	f_{Ycp}, M	$X_{cp(испр.)}, M$	$Y_{cp(испр.)}, M$	$f_{Xcp(испр.)}, M$	$f_{Ycp(испр.)}, M$
К0	6197467, 806	442823, 461	+0,3 56	+8,0 01	-----	-----	-----	-----
О1	6197332, 271	442797, 483			6197331, 915	442789, 482	-0,885	+0,72 2
О2	6197451, 726	442820, 586			6197451, 370	442812, 585	+1,31 0	-1,645
Двухчастотный приёмник. Сессия №2								
Б-20	6197560, 723	442961, 278	+3,0 13	+7,1 11	-----	-----	-----	-----
В-240	6197601, 294	443172, 043			6197598, 281	443164, 932	-2,874	-4,820
Пашня	6197304, 956	443423, 209			6197301, 943	443416, 098	-1,739	-1,369

Обсуждение

Полученные вследствие обработки данные, позволяют сделать следующие выводы: так как все отклонения вычисленных координат от их каталожных значений – невязки – положительные, за исключением одного измерения, вводится гипотеза, что результаты спутниковых определений, имеют систематическую ошибку. Причиной её появления могут быть погрешности, вызванные точностью позиционирования принимающего сигнала приёмника в мобильном устройстве, его конструктивные особенности. Также, оказывает влияние атмосфера и конфигурация спутниковой группировки во время наблюдений (фактор PDOP) [9, 10].

Заключение

Подводя итог проведённой работе, стоит отметить, что методика определения координат точек на местности при помощи мобильных устройств, с учётом особенностей, рассмотренных в этой статье, позволяет достигать точностей, достаточных при решении задач по определению и учету территорий боевых сражений, расположенных на землях лесного и водного фонда, землях запаса и сельскохозяйственного назначения [11, 12].

С совершенствованием приёмо-передающих устройств, интегрируемых в телефоны и другие портативные устройства схожего назначения, уже в ближайшем будущем есть вероятность достижения таких показателей СКП координат,

при которых весь перечень кадастровых работ по определению границ земельных участков, может полностью перейти на мобильный сегмент, заменив привычные приборы (GNSS-оборудование) и методики наблюдений.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность администрации Государственного университета по землеустройству за помощь в организации проведения исследования на территории научно-учебной базы “Чкаловская”.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонова К. В. [и др.]. Правовое регулирование отношений, связанных с установлением зон с особыми условиями использования территорий и определением границ таких зон / К. В. Тихонова [и др.] // Экономика и экология территориальных образований. - 2020. - Т. 4, № 1. - С.77-84.
2. Тихомирова Л.А. Зоны с особыми условиями использования территорий: особенности правового регулирования // Электронный фонд [Электронный ресурс] // URL: <http://docs.cntd.ru/document/420217258#1>.
3. Золотова О.А. Правовой режим земель охранных зон//Природоресурсное право; аграрное право; экологическое право. Москва 2013.С 207 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.dissercat.com/content/pravovoi-rezhim-zemel-okhrannykh-zon>.
4. Бирюков Д.А., Костеша В.А., Юнусов А.Г. Обоснование необходимости учета земель боевых сражений в Едином государственном реестре недвижимости//Вестник СГУГиТ, Том 26, №3, Новосибирск 2021
5. Баранов В.Н., Чепурин Е.М., Юнусов А.Г. Научно-учебная база "Чкаловская" Государственного университета по землеустройству // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2014. № 5. С. 33-41.
6. Батраков Ю.Г. Геодезические сети специального назначения / Ю. Г. Батраков. - М. : Картгеоцентр : Геодезиздат, 1999. - 405, [1] с. : ил., карт., табл.; 22 см.; ISBN 5-86066-030-8.
7. Геодезия : Учебник для вузов / А. Г. Юнусов, А. Б. Беликов, В. Н. Баранов, Ю. Ю. Каширкин. – Москва : Академический Проект, 2015. – 409 с. – ISBN 978-5-8291-1730-6
8. Лонский И. И., Шлапак В. В. Обеспечение качества и надежности измерений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2020. - Т. 64, № 3.- С. 349-353.
9. Навигационная аппаратура потребителя спутниковых навигационных систем: Учебное пособие для Вузов Связи/ В.К. Снежко, С.А. Якушенко, А.Д. Мальцев, С.А. Бондаренко. - СПб: ВАС, 2011 - 216 с.
10. Навигационная аппаратура потребителей ГЛОНАСС/GPS: учебное пособие/ В.С. Бахолдин, И.С. Герасименко, В.А. Добриков, В.Ф. Иванов, И.В. Сахно, Е.А. Ткачев. - СПб: ВКА имени Ф.А. Можайского, 2016. - 98 с.
11. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 октября 2020 г. № П/0393 “Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места”
12. "Инструкция по межеванию земель" УТВЕРЖДЕНА Комитетом Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству 8 апреля 1996 года.

© Д. А. Бирюков, А. А. Шевчук, В. А. Костеша, Д. В. Батенин, 2023