

## Оценка точности GPS-позиционирования при проведении геоботанических исследований

АННА ЛЕОНИДОВНА ЗАЙГРАЄВА

ЛЕОНИД СТЕПАНОВИЧ ЗАЙГРАЄВ

ZAIGRAEVA A.L., ZAIGRAEV L.S., 2008: **The Accuracy Assessment of GPS-positioning in Geobotanic Research.** *Chornomors'k. bot. z.*, vol. 4., №2: 273-276.

The main causes of data errors in navigation are elucidated. A methodology of estimating and decreasing of arandom error in setting geographical coordinates is offered for field work with using GPS-receiver.

*Keywords: GPS-positioning, measurement error, geographical coordinates, Ozi Explorer.*

ЗАЙГРАЄВА Г.Л., ЗАЙГРАЄВ Л.С. 2008: **Оцінка точності GPS-позиціонування при проведенні геоботанічних досліджень.** *Чорноморськ. бот. ж.*, т. 4, N2: 273-276.

Наведені основні причини похибок, що виникають при супутниковій навігації. Запропоновано методику оцінки й зменшення випадкової похибки при визначенні географічних координат в ході польових досліджень з використанням GPS-приймача.

*Ключові слова: GPS-позиціонування, похибка вимірювань, географічні координати, Ozi Explorer.*

В настоящее время использование систем спутниковой навигации получает все большее распространение. Во всем мире чаще всего применяется разработанная в США Global Position System (GPS). Россия имеет собственную спутниковую навигационную систему под названием ГЛОНАСС. Уже производятся приемники, которые могут работать и с той, и с другой системой. Правда, для частного использования сегодня наиболее удобной является все же GPS [ЗАЙКА, 2004]. Наибольшее применение GPS-приемники получили на автодорогах, однако спектр их использования постоянно расширяется. В данной работе рассматриваются некоторые аспекты использования GPS-навигации при проведении полевых геоботанических исследований.

Как и любому измерительному комплексу, системе спутниковой навигации присущи определенные погрешности. Основными факторами, влияющими на точность определения географических координат и причинами возникновения погрешностей их определения являются [ПОГРЕШНОСТИ GPS..., 2007]:

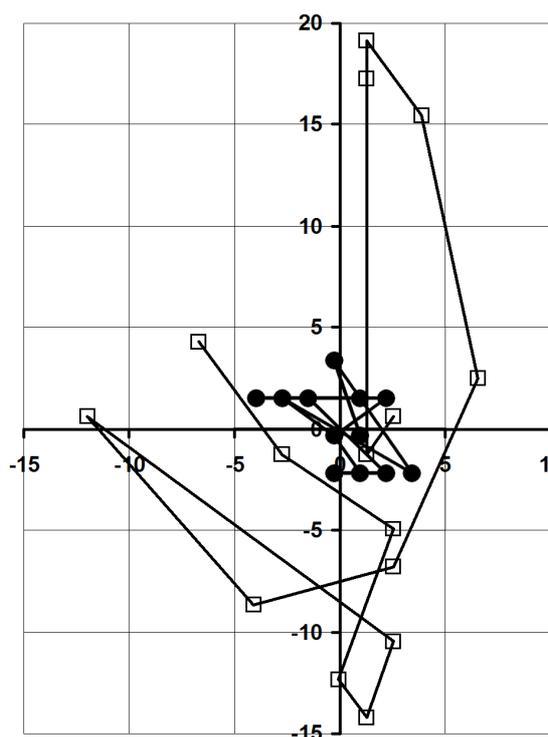
- количество спутников, которые «видит» GPS-приемник в момент позиционирования;
- расположение спутников, по которым осуществляется позиционирование, относительно определяемой точки;
- влияние ионосферы на скорость распространения сигнала от спутника до GPS-приемника;
- экранирование и отражение спутникового сигнала.

Теоретически некоторые виды погрешностей могут быть учтены или уменьшены, а показания приемника скорректированы, что выполняется самим приемником, но погрешности от большинства факторов носят случайных характер и учесть их очень сложно или по объективным причинам невозможно вообще. Поэтому при навигации суммарная погрешность позиционирования остается неизвестной и изменяется в довольно широких пределах и составляет от 5 до 30, а иногда и до 60 м и более [ПОГРЕШНОСТИ GPS..., 2007]. Ошибка определения высоты еще больше. В ряде случаев такая ситуация является

неудовлетворительной, так как имеется необходимость, если не уменьшить погрешность позиционирования, то хотя бы оценить значение этой погрешности.

В данной работе предлагается методика оценки и снижения величины случайной ошибки позиционирования с помощью GPS-приемника при проведении геоботанических и подобных им работ.

В отличие от ориентирования на автодорогах, особенностью геоботанических исследований является отсутствие, в большинстве случаев, известных ориентиров (например, проезжая часть, повороты, крупные здания и т. д.), а также то, что исследователь длительное время находится на одном месте (описание, фотографирование объектов исследования и т. п.), координаты которого необходимо зафиксировать как можно точнее. Практика показывает, что при этом показания GPS-приемника не остаются постоянными, а колеблются произвольным образом, что свидетельствует о наличии случайной ошибки позиционирования. На рис. 1 показаны увеличенные фрагменты двух треков, снятых одной и той же аппаратурой, но в различных местностях. Положение GPS-приемника в каждом случае оставалось неизменным. Как видно из рис. 1 отклонения от центра при позиционировании на открытой местности не превышали  $\pm 4$  м как по долготе, так и по широте; при позиционировании в горах колебания показаний GPS-приемника существенно возрастают, а форма этих колебаний может искажаться (вытягиваться) в зависимости от рельефа местности.



**Рис. 1. Отклонения показаний GPS-приемника (м) от точки позиционирования:**

□ – склон горы Аю-Даг;

● – открытое место Донецкого кряжа.

**Fig.1 Error of registration of the GPS-receiver (m) from a positioning point:**

□ - the slope of Ayu-Dag mountain;

● - the open place of the Donetsk's mountain ridge.

Указанная выше особенность геоботанических исследований позволяет использовать статистические методы для оценки случайной погрешности позиционирования и ее уменьшения. Для этого фиксируется время (не продолжительность) нахождения приемника в неподвижном положении в точке, координаты которой необходимо определить, а данные GPS-приемника записываются в трек на карманный компьютер или Smartphone.

Дальнейшая камеральная обработка этих данных осуществляется следующим образом:

1. Трек, представляемый GPS-приемником в виде набора точек, переносится с карманного компьютера в навигационную программу на настольный PC и представляется в виде таблицы. (На рис. 2 показан пример такого представления, выполненного с помощью программы OZI EXPLORER.)

2. Согласно ранее зафиксированному времени нахождения в точке исследования находят соответствующие ей точки трека, которые затем обрабатываются.

3. Определение статистических параметров, характеризующих случайную

ошибку измерений производится по известным формулам [ТИХОМИРОВ, 1974]:

PID	Map	Sect	Latitude	Longitude	Alt(m)	Date	Time	Dist(m)	KPH	Hdg
752	Да	7	44 38,567	34 23,352	251	29-апр-07	10:42:01	9,7	2,3	111,3
753	Да	7	44 38,562	34 23,358	261	29-апр-07	10:42:09	12,3	4,9	141,5
754	Да	7	44 38,561	34 23,359	260	29-апр-07	10:42:25	2,1	0,5	135,4
755	Да	7	44 38,565	34 23,353	250	29-апр-07	10:42:32	11,2	5,8	311,2
756	Да	7	44 38,567	34 23,351	247	29-апр-07	10:42:48	4,8	1,1	324,5
757	Да	7	44 38,568	34 23,348	247	29-апр-07	10:43:14	4,1	0,6	283,2
758	Да	7	44 38,569	34 23,346	248	29-апр-07	10:43:38	2,9	0,4	305,0
759	Да	7	44 38,570	34 23,347	244	29-апр-07	10:44:25	2,4	0,2	51,4
760	Да	7	44 38,569	34 23,349	244	29-апр-07	10:46:54	1,7	0,0	122,3
761	Да	7	44 38,570	34 23,351	253	29-апр-07	10:48:15	3,3	0,1	73,8
762	Да	7	44 38,570	34 23,350	248	29-апр-07	10:48:53	1,5	0,1	284,1
763	Да	7	44 38,572	34 23,343	237	29-апр-07	10:49:10	10,1	2,0	299,8
764	Да	7	44 38,575	34 23,337	227	29-апр-07	10:49:25	9,7	2,5	301,0
765	Да	7	44 38,574	34 23,341	233	29-апр-07	10:49:37	6,5	1,9	113,5
766	Да	7	44 38,570	34 23,351	246	29-апр-07	10:49:49	14,3	4,0	118,6

Рис. 2. Фрагмент таблицы трека, записанного с помощью GPS-приемника.

Fig. 2. A portion of the track table taken from the GPS-receiver.

Средняя квадратичная ошибка выборки

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - x_{cp}}{n-1}}, \quad (1)$$

где  $n$  — количество точек трека, подвергаемых обработке;

$x$  — обрабатываемый показатель; это может быть географическая широта или долгота местности, высота над уровнем моря, отклонение от средних координат, выраженное в градусах или в метрах;

$x_{cp}$  — среднее арифметическое значение показателя в обрабатываемой выборке.

Доверительная оценка случайной ошибки измерения показателя  $x$

$$\varepsilon = \frac{t(P, n)s}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где  $t(P, n)$  — критерий Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и количество обрабатываемых точек  $n$ .

Из формулы (2) видно, что величина ошибки уменьшается обратно пропорционально квадратному корню из количества измерений  $n$ . На рис. 3 показана зависимость относительной ошибки ( $\varepsilon/s$ ) от количества измерений при вероятности  $P=0,95$ . Как видно из рисунка увеличение  $n$  свыше 15 практически не дает уменьшения относительной погрешности измерения.

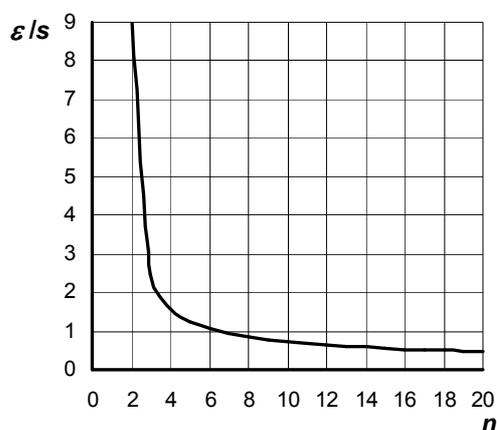


Рис. 3. Влияние числа параллельных измерений на относительную ошибку.

Fig. 3. The effect of number of parallel measurements on a relative error.

Геоботанические исследования проводились в различных условиях горного Крыма: склоны гор, ущелья и русла рек, яйла. В ходе исследований географические координаты записывались на карманный компьютер Pocket PC от GPS-приемника Spase GS-R238. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась в программе Excel на настольном компьютере. При этом для каждой фиксируемой при исследованиях точки обрабатывалось 15 точек трека. Результаты обработки данных треков, показанных на рис. 1, приведены в таблице 1. При этом доверительная точность определения показателей оценивалась с вероятностью 0,95.

Таблица 1.

Доверительная точность позиционирования

Table 1.

Confidential accuracy of positioning

Тип местности	Определяемый показатель			
	широта, сек	долгота, сек	отклонение от центра, м	высота над уровнем моря, м
Открытая местность	0,034	0,055	1,5	6,3
Горная местность	0,188	0,117	6,4	6,7

Как видно из таблицы точность позиционирования на открытой местности существенно лучше, чем в горах. Однако даже такая точность позволяет в горной местности не только зафиксировать географические координаты конкретного места, но и выйти в отмеченную точку по прошествии длительного периода, например, через год для проведения повторных наблюдений.

Следует отметить, что определение высоты расположения места над уровнем моря GPS-приемник дает случайную ошибку около 6 м. В ряде случаев наблюдается систематическая ошибка, которая может составлять 10...50 м. Поэтому определение этого показателя с помощью спутниковой навигации можно рекомендовать лишь для горной местности, для равнинной и холмистой поверхности более точно можно определить высоту по изолиниям высоты на географической карте.

Таким образом, предложенная методика обработки данных полученных от GPS-приемника позволяет существенно повысить достоверность получаемых результатов и повысить точность определения географических координат мест, в которых проводятся геоботанические исследования.

Список литературы

- ЗАЙКА А. Взгляд из космоса / <http://region.computerra.ru/offline/2004/200364/33116>, 16.04.2004.  
 ПОГРЕШНОСТИ GPS / <http://www.gps-guide.ru/page6.html>.  
 ТИХОМИРОВ В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой промышленности). - М.: Легкая индустрия, 1974. - 262 с.

Рекомендуе до друку  
 В.В. Корженевський

Отримано 29.04.2008 р.

Адреса автора:

Г.Л. Заиграева  
 Відділ флори, рослинності та заповідної справи, Державний Нікітський ботанічний сад, м. Ялта, смт. Нікіта, 98648, Крим, Україна  
 e-mail: anna.zaigraeva@gmail.com

Author's address:

Anna L. Zaigraeva  
 Dep. of flora, vegetation and reserve menegment, The State Nikitsky botanical garden, Yalta, Nikita, 98648, Crimea, Ukraine  
 e-mail: anna.zaigraeva@gmail.com

Л.С. Заиграев  
 Кафедра екології, СНУ ім. В.Даля, Квартал Молодіжний, 20-а, м. Луганськ, 91034, Україна  
 e-mail: zaigraevl@yandex.ru

Leonid S. Zaigraev  
 Department of ecology, East-Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, Molodizhnyi kvartal, 20-a, Luhansk, 91034, Ukraine.  
 e-mail: zaigraevl@yandex.ru