

Интервальная оценка смещения высот топографической карты по данным GPS измерений

С.И. Суханов

Алтайский Государственный Университет

Nowadays evaluating the maps available seems to be one of the topical issues. The article focuses on the uncertainty center method used to evaluate accuracy of the relief displacement in topographic maps. The work results in obtaining values of relief displacement in all points on the research territory

Измерения играют весьма важную роль во всех областях науки и техники, они дают количественную информацию об объектах и явлениях, происходящих в природе. Любые измерения, как бы тщательно они ни выполнялись, сопровождаются неизбежными погрешностями [1]. При исследовании существующих картографических материалов существенным разделом является оценка точности изображения рельефа.

Цель данной работы: оценить смещение высот растровой карты с использованием GPS измерений, на примере карты М 1:500 территории ГИС-Полигона, расположенного в городе Барнауле, площадью в 0,38 кв. км.

Предполагается, что рельеф растровой карты в каждой точке z_i^R смещен от истинного значения z_i^I на величину, линейно зависящую от координат точек, которая считается интервальной и включает в себя: погрешность «сколки» и погрешность изготовления карты

$$z_i^R - z_i^I = a_0 + a_1x_i + a_2y_i, \quad i \in \overline{1, \dots, n} \quad (1)$$

Поиск коэффициентов проводился с помощью метода центра неопределенности [2]. В качестве независимых измерений z_i^I использовались данные высотных отметок, полученные с помощью спутниковой системы GPS Trimble 5700, характеристики которых приведены в таблице 1. Общее число измерений составляло $n = 110$, где погрешности GPS измерений ε^{GPS} не превышают 0.05 м., а погрешность «сколки» ε^R оценена равной 0.24 м.

Таблица 1 Пример исходных данных для нахождения коэффициентов смещения

№	x_i	y_i	z_i^R	z_i^{GPS}	ε^R	ε^{GPS}
1	14017.07	-2557.04	235.10	234.27	0.24	0.05
2	14013.33	-2522.49	234.52	233.78	0.24	0.05
3	14005.68	-2447.17	234.22	233.40	0.24	0.05
4	13997.85	-2373.20	233.68	232.77	0.24	0.05
5	13994.55	-2334.13	233.18	232.34	0.24	0.05
6	13989.74	-2294.86	232.62	231.66	0.24	0.05
7	13985.02	-2255.98	231.95	231.05	0.24	0.05
8	13936.77	-2219.77	230.91	230.06	0.24	0.05
9	13940.18	-2254.59	231.45	230.49	0.24	0.05
10	13944.78	-2291.71	231.77	230.96	0.24	0.05

Измерения проводились в местной системе координат. Погрешность GPS координат определяется установкой базы, условиями измерений и задается интервалом с известными границами. «Сколка» высот по растровой карте проводилась в точках установки GPS по ближайшим изолиниям исследуемой карты.

Задачу определения величины смещения высот рельефа и её интервальной оценки предполагается решать в 2 этапа:

1. проверить согласованность данных и при несогласованности – обнаружить и исключить выбросы.
2. Найти интервальные значения смещения поверхности (1) в заданных точках исследуемого полигона.

Проверка согласованности данных проводилась с помощью метода центра неопределенности. Введено множество неопределенности допустимых значений параметров a_0, a_1, a_2 :

$$A(k) = \left\{ (a_0, a_1, a_2) \mid z_i^{GPS} - z_i^R - k^R \varepsilon^R - k^{GPS} \varepsilon^{GPS} \leq a_1 + a_1 x_i + a_2 y_i \leq z_i^{GPS} - z_i^R + k^R \varepsilon^R + k^{GPS} \varepsilon^{GPS} \right\}$$

$$k = (k^{GPS}, k^R), k^{GPS} = 1, k^R = 1, i \in \overline{1, \dots, n}. \quad (2)$$

Для согласованных данных и знаний множество $A(k)$ не пусто. В данной работе расчеты проводились в среде Microsoft Excel с использованием инструмента «Поиск решения». При не согласованности исходной информации множество $A(k)$ «расширилось» путем увеличения коэффициентов с одновременным анализом двойственных переменных, соответствующим образом поставленных задач линейного программирования. При анализе согласованности информации не принята гипотеза о нулевых значениях всех коэффициентов зависимости (1), что можно объяснить либо техногенными нарушениями рельефа, либо методическими погрешностями построения карты на территории полигона.

Смещения рельефа в угловых точках территории полигона получены с помощью решению задачи линейного программирования на множестве $A(k)$ с целевой функцией (1). Соответствующие данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 Смещение рельефа в угловых точках ГИС-полигона

Угловые точки	x_i	y_i	$z_i^R - z_i^{GPS}$
Северо-запад	14017.07	-2642.70	0,76
Северо-восток	14017.07	-1645.57	0,42
Юго-восток	13633.36	-1645.57	0,28
Юго-запад	13633.36	-2642.70	0,62

Результаты расчетов показывают, что систематическое смещение отметок высот, полученных с использованием системы GPS Trimble 5700 по отношению к рельефу на карте масштаба 1:500 на территории полигона составляет в среднем 0.52 м

Список литературы:

1. Поклад, Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов/Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев.–М.: Академический Проект, 2007. – 592 с.
2. Оскорбин Н.М., Максимов А.В., Жилин С.И. Построение и анализ эмпирических зависимостей методом центра неопределенности // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул, 1998. № 1. – С. 35-38.