

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет
Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

Отчет
по лабораторной работе №4
«Уравнивание ГНСС измерений»
Вариант №6

Выполнил: ст.гр.11405118
Давидович Н.Ю.
Проверил: ст. преподаватель
Будо А.Ю.

Минск, 2021

Цель работы: выполнить уравнивание базовых линий ГНСС.

Исходные данные представлены в таблице 1, а измеренные линии приведены в приложении А

Таблица 1

Название пункта	X	Y	Z
SEST	2760131.814	1590488.584	5507184.417
LOM2	2783846.261	1593451.095	5494457.516

Сначала составляем ковариационную матрицу К.

После составляем матрицу весов измерений Р размерности N×N, где N – количество измеренных величин

$$P = K^{-1} \quad (1)$$

Затем составляем матрицу А (приложение В). Для этого заполняем данную матрицу значениями 1; 0; -1.

Далее составляем вектор свободных членов L:

$$\begin{aligned} L_{\Delta X} &= X_{\text{выч}} - X_{\text{изм}}, \\ L_{\Delta Y} &= Y_{\text{выч}} - Y_{\text{изм}}, \\ L_{\Delta Z} &= Z_{\text{выч}} - Z_{\text{изм}}; \end{aligned} \quad (2)$$

Вычисляем вектор свободных поправок в наши измерения:

$$X = -(A^T P A)^{-1} \cdot A^T P L. \quad (3)$$

$$X = \begin{vmatrix} 2767097.107298916671 \\ 1614808.225419755559 \\ 5496655.424633320421 \\ 2751239.315466009546 \\ 1617658.335092389490 \\ 5503744.461884979159 \\ 2775646.589174386114 \\ 1585307.107740548439 \\ 5500884.640846147202 \end{vmatrix}$$

Определяем вектор поправок по следующей формуле:

$$V = A \cdot X + L. \quad (4)$$

Вектор поправок представлен в Приложении Г.
Вычислим СКП

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T P V}{N - k}}, \quad (5)$$

где N – число параметров измерений, а k – число определяемых параметров.

$$\mu = 11.04338465755$$

Ковариационная матрица определяемых параметров:

$$Q = (A^T P A)^{-1} \quad (6)$$

Ковариационная матрица измерений

$$Q_y = A Q A^T \quad (7)$$

Вычисляем СКП уравненных параметров

$$m_i = \mu \cdot \sqrt{Q_i} \quad (8)$$

Результат вычислений:

$$\begin{aligned} m_{X_База} &= 0.00370138041, \\ m_{Y_База} &= 0.00368139843, \\ m_{Z_База} &= 0.00676892887; \\ m_{X_0673} &= 0.00270208041, \\ m_{Y_0673} &= 0.00265838514, \\ m_{Z_0673} &= 0.00507744766; \\ m_{X_Кухар} &= 0.00302163895, \\ m_{Y_Кухар} &= 0.00298532305, \\ m_{Z_Кухар} &= 0.00554674108. \end{aligned}$$

Проведем статистический тест Хи-квадрат.

$$\chi^2_{лев} = \text{ХИ2.ОБР}\left(\frac{q}{2}; r\right) = 10.28289778252$$

$$\chi^2_{прав} = \text{ХИ2.ОБР}\left(1 - \frac{q}{2}; r\right) = 35.47887590573$$

$$\sqrt{\frac{\chi^2_{лев}}{r}} \leq \mu \leq \sqrt{\frac{\chi^2_{прав}}{r}}$$

$$0,69975 \leq 11.04338 \leq 1,2998$$

То есть статистический тест не выполняется

Коэффициент τ вычисляется по формуле:

$$\tau = \frac{t_{\alpha/2, r-1} \cdot \sqrt{r}}{\sqrt{r-1 + (t_{\alpha/2, r-1})^2}}$$

где r – число степеней свободы;

t – коэффициент студента с вероятностью 95%

$$\tau = 2.73150286720$$

После проведения сравнения нормативных поправок с коэффициентом τ грубых ошибок не выявлено.

То есть статистический тест выполняется

Вывод: в данной работе выполнялось уравнивание базовых линий ГНСС. В ходе оценки точности был проведен статистический тест Хи-квадрат, который показал, что данные измерения подходят под нормальный закон распределения. Так же было выявлено отсутствие грубых ошибок.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Направление	ΔX	ΔY	ΔZ	mX	mY	mZ	cov($\Delta X \Delta Y$)	cov($\Delta X \Delta Z$)	cov($\Delta Y \Delta Z$)
GORN MURN KRON MURN	-15857.80474	2850.1118001	7089.0544324	0.0009880	0.0009854	0.0017870	0.00000049316504414843	0.00000053228373641830	0.00000032036878777375
GORN SEST	-24407.2731	32351.2291522	2859.8182449	0.0002813	0.0002760	0.0005092	0.00000003946276417707	0.00000003974140229459	0.00000002242046213776
KRON LOM2	-6965.286015	-24319.6462076	10528.9895051	0.0007948	0.0007886	0.0014336	0.00000031625109925012	0.00000034378338905932	0.00000020314557923708
KRON SEST	8199.667748	8143.9856488	-6427.1192148	0.0006266	0.0006219	0.0011324	0.00000019371139011902	0.00000021398723252492	0.00000012350173001252
LOM2 MURN	-15514.77648	5181.4714369	6299.7829641	0.0006752	0.0006706	0.0012269	0.00000022470921269463	0.00000024901196159876	0.00000014316684546559
LOM2 SEST	-32606.94319	24207.2373521	9286.9463181	0.0003031	0.0002973	0.0005823	0.00000004599028149466	0.00000005352280241707	0.00000001871772927247
MURN SEST	-23714.44434	-2962.5142289	12726.9022137	0.0007605	0.0007551	0.0013776	0.00000028600247845407	0.00000031570325943354	0.00000018251595906898
GORN KRON	8892.518759	-27169.7581699	3439.9350382	0.0010163	0.0010104	0.0018407	0.00000051761250005010	0.00000056251186857574	0.00000033378089459478
GORN LOM2	8549.481257	-29501.1167933	4229.2156674	0.0003291	0.0003309	0.0006107	0.00000005730410938720	0.00000005941864834628	0.00000003671259161549
	16749.15818	-21357.1319562	-2197.9129978	0.0007530	0.0007473	0.0013524	0.00000028392695415246	0.00000030820841122405	0.00000018280973039206

ПРИЛОЖЕНИЕ В

$$V = \begin{pmatrix} -0.007774706930 \\ -0.011284234235 \\ -0.043598170392 \\ 0.002173341556 \\ -0.002092045493 \\ -0.025717375862 \\ -0.004061048385 \\ -0.006760188611 \\ -0.006760188611 \\ -0.001331661335 \\ 0.001643860755 \\ 0.000217351810 \\ 0.006375993136 \\ 0.008540465962 \\ 0.031207229011 \\ -0.001675354317 \\ -0.011515805265 \\ -0.030340077356 \\ -0.003205745481 \\ -0.007629894884 \\ -0.035113922320 \end{pmatrix}$$