

УДК 528. 063

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АПРИОРНОЙ
И АПОСТЕРИОРНОЙ ОЦЕНОК ТОЧНОСТИ ПЛАНОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ
С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «РОССИЯ – БЕЛАРУСЬ»,
РАЗРАБОТАННОГО В ПОЛОЦКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

*канд. техн. наук В.А. БОНДАРЕНКО; А.И. ЯРИЦА
(Полоцкий государственный университет)*

Демонстрируется сравнительный анализ методов, входящих в программный комплекс «Россия – Беларусь». Осуществлен выбор наилучшего метода, позволяющего выполнять априорную и апостериорную оценку точности плановых геодезических сетей. Сравнение выполнялось по двум параметрам: максимальной погрешности планового положения пунктов сети и максимальной фактической точности. Таким образом, был определен метод, имеющий наилучшую устойчивость результатов оценки точности, и проанализирована возможность применения всех методов комплекса для определения реальной фактической точности.

В 2013 году профессором В.И. Мицкевичем была применена новая технология вычисления фактической точности измерений (FT), внедренная в программном комплексе «Россия – Беларусь» и примененная после завершения процедуры уравнивания. При этом ставится задача численного поиска таких новых весов для каждого измерения, которые бы при сохраненных значениях поправок в измерения, полученных ранее при уравнивании по любой другой программе, давали необходимые результаты оценки точности функций измеренных и уравненных величин. Зная вычисленные веса проектируемых измерений, легко получить точность каждого измерения. В начале поиска веса всем измерениям назначался вес, равный единице, и осуществлялось уравнивание без использования сведения о законе распределения погрешностей измерений за ненадобностью из-за отсутствия в расчетах квантиля.

**Априорная оценка точности плановых геодезических сетей
с применением программы PLOSKOST**

Выполним обработку измерений по программному комплексу «Россия – Беларусь» [1; 2] шести треугольников на плоскости:

- 1) линейно-угловая геодезическая сеть без исходных пунктов;
- 2) сеть без исходных пунктов с тремя измеренными горизонтальными углами;
- 3) сеть без исходных пунктов с тремя измеренными сторонами;
- 4) линейно-угловая геодезическая сеть с двумя исходными пунктами;
- 5) сеть с двумя исходными пунктами с тремя измеренными горизонтальными углами;
- 6) сеть с двумя исходными пунктами с двумя измеренными сторонами.

Таблица 1

Результаты вычислений по программе PLOSKOST

Номер примера	N	T	$\sigma_{\beta}, ''$	$\sigma_S, \text{ мм}$	$M_{\max}, \text{ м}$
1	6	6	2,0	99	0,007
2	3	6	2,0	–	0,052
3	3	6	–	99	0,081
4	5	2	2,0	99	0,069
5	3	2	2,0	–	0,059
6	2	2	–	99	0,135

Выводы:

- нульсвободные (без исходных пунктов) сети с номерами 1, 2, 3 имеют меньшую априорную характеристику точности при длине сторон около 30 км;
- исключение составляет оценка точности треугольника триангуляции для сетей 2 и 5;
- у треугольника триангуляции величина $M_{\max}, \text{ м}$, оказалась практически одинаковой.

Апостериорная оценка точности плановой геодезической сети для всех шести примеров

Здесь приведены вычисления при применении семи вариантов генерации свободных членов параметрических уравнений поправок, взятых после счета по программе PLOSKOST.

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса приведены в таблицах 2–7.

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса для примера № 1

Таблица 2

Номер варианта генерации	Программа GAUSS		Программа MIZK		Программа TIXONOV	
	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}
1	2	3	4	5	6	7
1	0,171	4,71	0,079	4,49	0,140	5,05
2	0,121	2,86	0,059	2,70	0,098	3,09
3	0,054	1,01	0,029	0,97	0,044	1,33
4	0,110	1,53	0,044	1,33	0,090	2,00
5	0,089	1,83	0,048	2,04	0,073	2,33
6	0,031	0,62	0,020	0,66	0,026	0,78
7	0,116	3,44	0,067	3,18	0,095	3,67

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса для примера № 2

Таблица 3

Номер варианта генерации	Программа GAUSS		Программа MIZK		Программа TIXONOV	
	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}
1	2	3	4	5	6	7
1	0,056	1,11	0,049	1,13	0,032	1,37
2	0,094	1,86	0,083	1,86	0,043	1,39
3	0,039	0,77	0,030	0,80	0,019	0,71
4	0,070	1,39	0,062	1,78	0,047	2,00
5	0,029	0,58	0,026	0,58	0,016	0,66
6	0,045	0,90	0,035	1,29	0,023	1,00
7	0,263	5,19	0,240	5,19	0,120	4,34

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса для примера № 3

Таблица 4

Номер варианта генерации	Программа GAUSS		Программа MIZK		Программа TIXONOV	
	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}
1	2	3	4	5	6	7
1	$0,134 \times 10^{-4}$	$7,43 \times 10^{-4}$	$0,223 \times 10^{-5}$	$2,06 \times 10^{-4}$	$0,658 \times 10^{-2}$	$2,20 \times 10^{-2}$
2	$0,634 \times 10^{-5}$	$2,19 \times 10^{-4}$	$0,106 \times 10^{-5}$	$6,08 \times 10^{-5}$	$0,202 \times 10^{-2}$	$9,73 \times 10^{-3}$
3	$0,529 \times 10^{-5}$	$1,21 \times 10^{-4}$	$0,881 \times 10^{-6}$	$3,37 \times 10^{-5}$	$0,272 \times 10^{-2}$	$1,09 \times 10^{-2}$
4	$0,294 \times 10^{-4}$	$5,99 \times 10^{-4}$	$0,490 \times 10^{-5}$	$1,66 \times 10^{-4}$	$0,162 \times 10^{-1}$	$5,56 \times 10^{-2}$
5	$0,153 \times 10^{-4}$	$1,09 \times 10^{-3}$	$0,256 \times 10^{-5}$	$3,02 \times 10^{-4}$	$0,602 \times 10^{-2}$	$2,53 \times 10^{-2}$
6	$0,800 \times 10^{-5}$	$5,10 \times 10^{-4}$	$0,133 \times 10^{-5}$	$1,42 \times 10^{-4}$	$0,372 \times 10^{-2}$	$1,21 \times 10^{-2}$
7	$0,165 \times 10^{-4}$	$9,02 \times 10^{-4}$	$0,276 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-4}$	$0,480 \times 10^{-2}$	$2,21 \times 10^{-2}$

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса для примера № 4

Таблица 5

Номер варианта генерации	Программа GAUSS		Программа MIZK		Программа TIXONOV	
	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}
1	2	3	4	5	6	7
1	0,152	4,33	0,046	4,53	0,081	4,65
2	0,123	3,07	0,032	3,18	0,065	3,29
3	0,050	0,97	0,022	1,06	0,026	1,06
4	0,042	0,85	0,018	0,75	0,022	0,97
5	0,117	3,36	0,068	2,99	0,062	3,59
6	0,030	0,75	0,013	0,82	0,016	0,93
7	0,188	3,64	0,073	3,47	0,100	3,86

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса для примера № 5

Таблица 6

Номер варианта генерации	Программа GAUSS		Программа MIZK		Программа TIXONOV	
	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}
1	2	3	4	5	6	7
1	0,121	1,11	0,104	1,11	0,056	0,83
2	0,203	1,86	0,179	2,29	0,093	1,50
3	0,084	0,77	0,065	1,24	0,039	0,72
4	0,151	1,39	0,127	2,15	0,088	1,80
5	0,063	0,58	0,053	0,72	0,058	1,23
6	0,098	0,90	0,084	0,92	0,045	0,71
7	0,565	5,19	0,519	5,18	0,258	0,41

Результаты вычислений апостериорной оценки точности по программам Комплекса для примера № 6

Таблица 7

Номер варианта генерации	Программа GAUSS		Программа MIZK		Программа TIXONOV	
	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}	M_{\max} , м	FT_{\max}
1	2	3	4	5	6	7
1	$0,238 \times 10^{-4}$	$4,44 \times 10^{-3}$	$0,122 \times 10^{-5}$	$6,57 \times 10^{-4}$	$0,150 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-2}$
2	$0,241 \times 10^{-4}$	$3,56 \times 10^{-3}$	$0,123 \times 10^{-5}$	$5,27 \times 10^{-4}$	$0,108 \times 10^{-2}$	$9,21 \times 10^{-3}$
3	$0,143 \times 10^{-4}$	$2,95 \times 10^{-3}$	$0,733 \times 10^{-6}$	$4,36 \times 10^{-4}$	$0,787 \times 10^{-3}$	$7,13 \times 10^{-3}$
4	$0,646 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-2}$	$0,332 \times 10^{-5}$	$1,86 \times 10^{-3}$	$0,406 \times 10^{-2}$	$2,86 \times 10^{-2}$
5	$0,324 \times 10^{-4}$	$5,88 \times 10^{-3}$	$0,166 \times 10^{-5}$	$8,71 \times 10^{-4}$	$0,158 \times 10^{-2}$	$1,47 \times 10^{-2}$
6	$0,130 \times 10^{-4}$	$2,56 \times 10^{-3}$	$0,666 \times 10^{-6}$	$3,80 \times 10^{-4}$	$0,813 \times 10^{-3}$	$5,89 \times 10^{-3}$
7	$0,505 \times 10^{-4}$	$7,07 \times 10^{-3}$	$0,264 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-3}$	$0,227 \times 10^{-2}$	$1,85 \times 10^{-2}$

Выводы по результатам вычислений, представленным в таблицах № 2–7:

- 1) метод многокритериальной оптимизации (программа MIZK, столбцы 4 и 5) дает наименьшие значения результатов оценки точности;
- 2) наилучшей по устойчивости в изменении результатов оценки точности оказалась программа TIXONOV (столбцы 6 и 7);
- 3) реальную фактическую точность измерений (FT) дают практически все программы комплекса «Россия – Беларусь»;
- 4) примеры 3 и 6 характеризуют реальную фактическую точность линейных измерений, поэтому здесь мы видим такие небольшие результаты оценки точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Решение примера академика А.Н. Тихонова по обработке нивелирных сетей по программному комплексу «Россия – Беларусь» методом исключения строк из матрицы коэффициентов параметрических уравнений поправок / В.И. Мицкевич [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2012. – № 16. – С. 126–131.
2. Обработка антирядов измерений одной величины при разных значениях количества неизвестных и разных характеристиках точности измерений с помощью программного комплекса «Россия – Беларусь» / В.И. Мицкевич [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2012. – № 16. – С. 109–113.

Поступила 21.10.2014

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE A PRIORI AND A POSTERIORI ESTIMATES OF ACCURACY OF THE PLANNED GEODETIC NETWORKS WITH THE HELP OF THE SOFTWARE PACKAGE “RUSSIA – BELARUS”, DEVELOPED IN THE POLOTSK STATE UNIVERSITY

V. BONDARENKO, A. YARITSA

In this article a comparative analysis of the methods included in the software package «Russia – Belarus» is made. The purpose of research is to select the best method, allowing you to perform a priori and a posteriori estimation of exactness of the planned geodetic networks. The comparison is performed by two parameters: the maximum error of the planned provisions of the network and the actual maximum accuracy. Thus, the method having the best stability of results of an assessment of accuracy was defined and possibility of application of all methods of the software package for determination of real actual accuracy is analysed.