

УДК 528. 063

О ПРИМЕНЕНИИ ЭФФЕКТА СЖАТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

канд. техн. наук, доц. Л.А. ЧЕРКАС, Е.В. ГРИЩЕНКОВ, А.А. ТКАЧЁВ
(Полоцкий государственный университет)

Понимая под продольным сжатием геодезических звеньев уменьшение расстояний между базами этих сетей, а под поперечным сжатием уменьшение самих базисов, обнаружен эффект инвариантности к продольному сжатию ошибок положения пунктов и относительной обусловленности.

Проектирование геодезических измерений предусматривает получение искомых величин с необходимой точностью. Особенно это важно для инженерных геодезических сетей и сетей специального назначения. Например, в зависимости от принятого способа разбивки опор и условий местности на мостовом переходе геодезическую сеть создают в виде триангуляции, линейно-угловых (базовых) треугольников и полигонометрии. Для повышения точности разбивочных работ рекомендуется определенная форма типовых фигур, которая не всегда может быть соблюдена, и для обеспечения требуемой точности в положении пунктов повышают точность измерений. При составлении проекта выполняют предварительный расчет точности для определения качества построения.

Критерии качества геодезических построений достаточно разнообразны, но в данной статье рассмотрим лишь два из них, а именно ошибку положения пунктов в слабом месте геодезических сетей (M) и показатель «относительная обусловленность» (Ψ). В нем используется отношение числа обусловленности матрицы нормальных уравнений при параметрическом способе уравнивания геодезических сетей к предрасчетному числу обусловленности, свойственному для симметричных геодезических построений.

Показатель «относительная обусловленность» исследуется на протяжении ряда лет (с 1994 года). В результате исследований установлены следующие его свойства:

- для одной и той же геодезической сети значение «относительной обусловленности» Ψ получается приблизительно одинаковым, если используются различные числа обусловленности;
- значение Ψ остается прежним при масштабном изменении геодезической сети;
- величина Ψ зависит:
 - от числа и расположения исходных и определяемых пунктов;
 - геометрических фигур геодезической сети;
 - измеряемых в сети элементов;
 - соотношения точности измерений.

Кроме того, на величину «относительной обусловленности» сформировано допустимое значение в зависимости от класса построения.

В данном случае рассмотрим, как будет изменяться значение «относительной обусловленности» и ошибки положения пункта в слабом месте при продольном и поперечном сжатии звеньев.

Исследуем для этого звенья геодезических сетей (рис. 1, 2), содержащих 4 исходных и 14 определяемых пунктов.

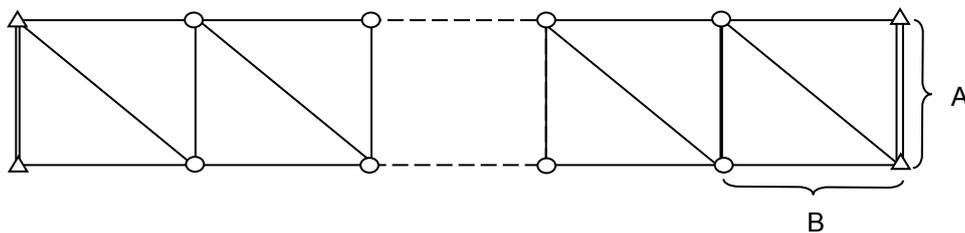


Рис. 1. Геодезическая сеть триангуляции, трилатерации и линейно-угловой триангуляции

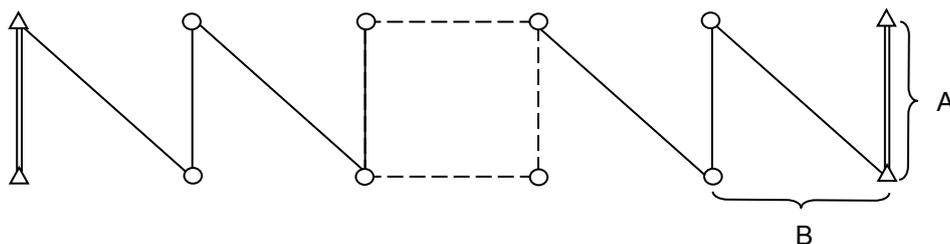


Рис. 2. Геодезическая сеть полигонометрии

Если $A = B$, то симметричные геодезические звенья будем считать начальными; если $A < B$, то получим поперечное сжатие, а если $A > B$ – продольное сжатие звена.

Отметим также, что по отношению к начальному варианту ($A = B$) поперечное сжатие можно охарактеризовать, как растяжение звена.

Продольное сжатие звеньев будем осуществлять уменьшением значения B при неизменном A .

В таблицах 1 – 2 значения Ψ и M приведены при различных величинах A и B и различных значениях средних квадратических ошибок измерений.

Таблица 1

Звенья с исходными пунктами

Триангуляция						Критерии качества	Трилатерация					
A \ B	10	100	1000	10 000	100 000		10	100	1000	10 000	100 000	
100 000												
$\sigma_B = 0.2''$	∞	$0,6 \cdot 10^6$	6145	62,0	4,02	Ψ	0,95	0,95	0,95	0,96	2,93	
$\sigma_S = 0,099$	0,084	0,084	0,084	0,085	0,228	M	0,237	0,237	0,237	0,238	0,359	
10 000												
$\sigma_B = 1.0''$	$0,6 \cdot 10^6$	6145	62,0	4,02	$1 \cdot 10^4$	Ψ	0,95	0,95	0,96	2,93	204	
$\sigma_S = 0,048$	0,042	0,042	0,042	0,144	8,00	M	0,115	0,115	0,115	0,174	1,36	
1 000												
$\sigma_B = 2.0''$	6144	62,0	4,02	$1 \cdot 10^4$	∞	Ψ	0,95	0,96	2,93	204	$2 \cdot 10^4$	
$\sigma_S = 0,010$	0,008	0,008	0,023	1,60	∞	M	0,024	0,024	0,036	0,284	2,83	
100												
$\sigma_B = 10.0''$	62,0	4,02	$1 \cdot 10^4$	∞	∞	Ψ	0,96	2,93	204	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	
$\sigma_S = 0,005$	0,004	0,011	0,800	80,0	∞	M	0,012	0,018	0,142	1,41	14,1	
10												
$\sigma_B = 30.0''$	4,02	$1 \cdot 10^4$	∞	∞	∞	Ψ	2,93	204	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	∞	
$\sigma_S = 0,001$	0,003	0,240	23,9	∞	∞	M	0,004	0,028	0,283	2,83	28,3	
Линейно-угловая триангуляция						Полигонометрия						
100 000												
$\sigma_B = 0.2''$	$3,8 \cdot 10^7$	$3,8 \cdot 10^5$	3804	38,4	1,56	Ψ	0,96	0,96	0,96	0,97	2,22	
$\sigma_S = 0,099$	0,067	0,067	0,067	0,068	0,134	M	0,235	0,235	0,235	0,236	0,325	
10 000												
$\sigma_B = 1.0''$	$3,7 \cdot 10^5$	3715	37,5	1,55	66,2	Ψ	0,94	0,94	0,95	2,24	162	
$\sigma_S = 0,048$	0,033	0,033	0,034	0,066	0,508	M	0,115	0,115	0,116	0,161	1,19	
1 000												
$\sigma_B = 2.0''$	3833	62,0	1,56	65,1	6492	Ψ	0,97	0,98	2,21	158	$1 \cdot 10^4$	
$\sigma_S = 0,010$	0,007	0,007	0,013	0,102	1,02	M	0,024	0,024	0,033	0,239	2,38	
100												
$\sigma_B = 10.0''$	38,7	1,56	65,1	6492	$6,4 \cdot 10^5$	Ψ	0,98	2,21	158	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	
$\sigma_S = 0,005$	0,003	0,007	0,051	0,508	5,08	M	0,012	0,016	0,119	1,19	11,9	
10												
$\sigma_B = 30.0''$	1,49	80,6	8028	$8,5 \cdot 10^5$	$8,0 \cdot 10^7$	Ψ	3,00	236	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	∞	
$\sigma_S = 0,001$	0,002	0,014	0,140	1,40	14,0	M	0,004	0,036	0,356	3,56	35,6	

Таблица 2

Ряды без исходных пунктов

Триангуляция						Критерии качества	Трилатерация				
A \ B	10	100	1 000	10 000	100 000		10	100	1 000	10 000	100 000
100 000											
$\sigma_B = 0.2''$	∞	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	207	16,2	Ψ	2,86	2,86	2,91	3,20	8,58
$\sigma_S = 0,099$	0,101	0,101	0,101	0,094	0,250	M	0,238	0,238	0,239	0,234	0,338
10 000											
$\sigma_B = 1.0''$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	207	16,2	$5 \cdot 10^4$	Ψ	2,86	2,91	3,20	8,58	695
$\sigma_S = 0,048$	0,051	0,051	0,047	0,125	9,56	M	0,115	0,116	0,113	0,164	1,36
1 000											
$\sigma_B = 2.0''$	$2 \cdot 10^4$	207	16,2	$5 \cdot 10^4$	∞	Ψ	2,91	3,20	8,58	698	$4 \cdot 10^4$
$\sigma_S = 0,010$	0,010	0,009	0,025	1,91	∞	M	0,024	0,024	0,034	0,284	2,15
100											
$\sigma_B = 10.0''$	208	16,2	$5 \cdot 10^4$	∞	∞	Ψ	3,20	8,58	698	$7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$
$\sigma_S = 0,005$	0,005	0,012	0,952	95,0	∞	M	0,012	0,017	0,142	1,42	5,18
10											
$\sigma_B = 30.0''$	16,2	$5 \cdot 10^4$	∞	∞	∞	Ψ	8,58	698	$7 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
$\sigma_S = 0,001$	0,004	0,286	28,5	∞	∞	M	0,003	0,028	0,284	3,86	5,31
Линейно-угловая триангуляция						Полигонометрия					
100 000											
$\sigma_B = 0.2''$	∞	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	84,0	4,64	Ψ	2,90	2,90	2,95	3,36	7,88
$\sigma_S = 0,099$	0,083	0,083	0,082	0,067	0,126	M	0,236	0,236	0,237	0,235	0,321
10 000											
$\sigma_B = 1.0''$	$2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$	82,2	4,64	208	Ψ	2,85	2,91	3,29	8,08	686
$\sigma_S = 0,048$	0,041	0,041	0,033	0,062	0,500	M	0,116	0,116	0,115	0,160	1,32
1 000											
$\sigma_B = 2.0''$	$1 \cdot 10^4$	84,8	4,64	205	$2 \cdot 10^4$	Ψ	2,98	3,38	7,82	665	$6 \cdot 10^4$
$\sigma_S = 0,010$	0,008	0,007	0,013	0,101	1,00	M	0,024	0,024	0,032	2,64	2,63
100											
$\sigma_B = 10.0''$	3022	4,70	205	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	Ψ	8,80	7,82	665	$6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^6$
$\sigma_S = 0,005$	0,010	0,006	0,050	0,500	5,00	M	0,008	0,016	0,132	1,32	13,1
10											
$\sigma_B = 30.0''$	$2 \cdot 10^4$	346	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	∞	Ψ	6656	1019	$10 \cdot 10^4$	$10 \cdot 10^6$	∞
$\sigma_S = 0,001$	0,097	0,017	0,139	1,39	13,9	M	0,097	0,041	0,394	3,94	39,4

По данным таблиц 1 – 2 можно сделать следующие выводы:

- 1) во всех случаях продольное сжатие звеньев приводит к инвариантности M;
- 2) неизменность «относительной обусловленности» Ψ по отношению к продольному сжатию наблюдается только для звеньев трилатерации и полигонометрии;
- 3) во всех случаях растяжение звеньев ($A < B$) приводит к резкому увеличению Ψ и M;
- 4) при продольном сжатии звеньев триангуляции и линейно-угловой триангуляции происходит увеличение Ψ .

Отсюда следует, что звенья триангуляции и даже линейно-угловой триангуляции по качеству построения становятся плохими и при их сжатии, и при их растяжении.

Таким образом, при проектировании мостовой разбивочной основы и геодезических сетей для линейных сооружений следует отдавать предпочтение сетям трилатерации и полигонометрии с продольным сжатием, а именно сетям, у которых значения $A \geq B$.