

Я. М. КОСТЕЦКАЯ

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СЕТЕЙ ТРИЛАТЕРАЦИИ, ПРОЛОЖЕННЫХ МЕЖДУ ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКИМИ ИЛИ АЗИМУТАЛЬНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМИ ХОДАМИ

В [2] показано, что точность положения пунктов в сетях трилатерации можно существенно повысить путем измерения углов между крайними связующими сторонами или азимутов этих сторон, т. е. прокладывая сети трилатерации между двумя

полигонометрическими или азимутально-дальномерными ходами (рис. 1...3 в [2]). Точность измерения углов и азимутов при этом должна быть такой, чтобы $\frac{m_\beta}{\rho} \leq \frac{m_s}{S}$, где m_β и m_s — средние квадратические ошибки измеренных углов и сторон; S — длина стороны сети. Такой путь повышения точности сетей трилатерации удобен и прост, особенно при измерении сторон сети радиодальномерами.

Формул для предрасчета точности сетей трилатерации, проложенных между полигонометрическими ходами, нет. А они необходимы при проектировании сетей.

Как следует из данных, имеющих в [2], наличие полигонометрических ходов в сетях с равным числом рядов примерно одинаково влияет на поперечный сдвиг конца диагонали при неодинаковом числе N центральных систем в одном вдвоенном ряду сети. Так, в сетях из трех рядов, проложенных между полигонометрическими ходами, поперечный сдвиг конца диагонали составляет в среднем 0,36 ее сдвига в такой же сети без дополнительных угловых измерений. В сетях из пяти рядов он составляет в среднем 0,275, а из семи рядов — 0,210 сдвига конца диагонали аналогичной свободной сети.

Формулы поперечных сдвигов пунктов свободных сетей трилатерации из трех, пяти и семи рядов треугольников выведены в [1]. Закономерность накопления поперечных сдвигов конца диагонали в сетях трилатерации такая же, как и сдвигов пунктов в середине сети. Поэтому, подставив в формулы поперечного сдвига пунктов сетей $K=N+1$, где K — номер оцениваемого пункта, получим формулы поперечного сдвига конца диагонали. Поперечный сдвиг конца диагонали сетей, проложенных между полигонометрическими ходами, составляет определенную часть ее сдвига в аналогичной сети без дополнительных угловых измерений. Умножив формулу поперечного сдвига конца диагонали свободной сети из трех рядов на 0,36, имеем

$$u_{3(\alpha)} = \mu \sqrt{0,011\,531\,N^3 + 0,2381\,N^2 + 0,405\,N + 0,2}, \quad (1)$$

где $u_{3(\alpha)}$ — поперечный сдвиг конца диагонали сети из трех рядов треугольников, проложенных между полигонометрическими ходами; μ — средняя квадратическая ошибка измеренных сторон.

Аналогичным путем получим для поперечного сдвига конца диагонали сетей из пяти рядов треугольников, проложенных между полигонометрическими ходами

$$u_{5(\alpha)} = \mu \sqrt{0,001\,922\,N^3 + 0,1411\,N^2 + 0,214\,N} \quad (2)$$

и для сетей из семи рядов

$$u_{7(\alpha)} = \mu \sqrt{0,000\,576\,N^3 + 0,0801\,N^2 + 0,158\,N}. \quad (3)$$

Выведенные формулы проверяли путем сравнения сдвигов, полученных по ним, со сдвигами, вычисленными на ЭВМ кор-

лей такие же, как на рисунках в [2]. При вычислениях сдвигов принято $\mu=1$ см. Результаты проверки показали, что во всех сетях при $N>5$ погрешность формул не превышает 9%.

Продольные сдвиги пунктов в сетях, проложенных между полигонометрическими ходами, меньше поперечных. Хотя в них зависимость ошибки положения пунктов от направления намного слабее, чем в обычных свободных сетях.

Влияние полигонометрических ходов на продольные сдвиги пунктов зависит не только от числа рядов в сети, но и от числа N . Поэтому нельзя воспользоваться формулами продольного

Результаты проверки формул сдвигов конца диагоналей сетей трилатерации, проложенных между полигонометрическими или азимутально-дальномерными ходами

Сдвиг	Способ получения сдвига	Диаго- наль	N				
			5	10	15	20	25
Сеть из трех рядов							
$u_{3(\alpha)}$	ЭВМ	I II	2,9	5,9	10,0	14,8	20,2
	ЭВМ	AB	2,9	5,9	9,8	14,5	19,8
	По (1)		3,1	6,3	9,9	14,0	18,4
	Макс. погрешн., %		6	6	1	6	9
$t_{3(\alpha)}$	ЭВМ	I II	1,4	1,9	2,1	2,5	2,8
	ЭВМ	AB	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6
	По (4)		1,3	1,8	2,1	2,4	2,7
	Макс. погрешн., %		8	6	5	5	4
Сеть из пяти рядов							
$u_{5(\alpha)}$	ЭВМ	I II	2,0	3,9	6,1	8,5	11,2
	ЭВМ	AB	2,3	4,0	6,1	8,6	11,5
	ЭВМ	CD	2,0	3,9	6,0	8,5	11,4
	По (2)		2,4	4,1	6,3	8,6	11,0
$t_{5(\alpha)}$	Макс. погрешн., %		17	5	5	4	4
	ЭВМ	I II	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4
	ЭВМ	AB	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2
	ЭВМ	CD	1,0	1,5	1,7	2,0	2,2
$t_{5(\alpha)}$	По (5)		1,2	1,6	1,8	2,1	2,3
	Макс. погрешн., %		17	6	6	5	4
Сеть из семи рядов							
$u_{(\alpha)}$	ЭВМ	I II	1,9	3,1	4,6	6,2	7,9
	ЭВМ	AB	2,1	3,2	4,6	6,3	8,2
	ЭВМ	CD	2,0	3,1	4,5	6,2	8,1
	ЭВМ	EF	2,1	3,1	4,7	6,3	8,2
$t_{(\alpha)}$	По (3)		1,7	3,2	4,7	6,3	7,9
	Макс. погрешн., %		23	3	4	2	4
	ЭВМ	I II	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3
	ЭВМ	AB	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1
$t_{(\alpha)}$	ЭВМ	CD	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0
	ЭВМ	EF	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0
	По (6)		1,2	1,4	1,7	1,9	2,1
	Макс. погрешн., %		9	7	6	5	5

ного сдвига конца диагоналей сетей, проложенных между полигонометрическими ходами, получены путем аппроксимации их обратных весов. Для сети из трех рядов

$$t_{3(\alpha)} = \mu \sqrt{0,28 N + 0,4}, \quad (4)$$

из пяти рядов

$$t_{5(\alpha)} = \mu \sqrt{0,19 N + 0,6}, \quad (5)$$

из семи рядов

$$t_{(\alpha)} = \mu \sqrt{0,15 N + 0,6}. \quad (6)$$

Результаты проверки этих формул, приведенные в таблице, показали, что при $N > 5$ их погрешность не превышает 7%.

Как видим, формулы продольного и поперечного сдвигов вполне пригодны для предрасчета точности сетей трилатерации, проложенных между полигонометрическими или азимутально-дальномерными ходами. Сравнивая между собой сдвиги сетей с разным числом рядов, видим, что увеличение числа рядов в сетях, проложенных между полигонометрическими ходами, вызывает уменьшение сдвигов пунктов. Увеличение их от трех до пяти вызывает уменьшение поперечных сдвигов пунктов на 35...40%, а продольных на 10...15%. Увеличение числа рядов от пяти до семи приводит к уменьшению сдвигов соответственно на 20...25 и 8...10%. Поэтому можно предположить, что дальнейшее увеличение числа рядов приведет к уменьшению сдвигов, но не больше, чем на 10...15%. Поэтому формулы (3) и (6) можно рекомендовать и для предрасчета точности сплошных сетей трилатерации, проложенных между азимутально-дальномерными ходами. При этом их погрешность не превышает 15...20%.

1. Костецкая Я. М. Поперечный сдвиг пунктов в сетях трилатерации // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1978. Вып. 28. С. 52—57. 2. Костецкая Я. М. О точности положения пунктов в сетях трилатерации, проложенных между азимутально-дальномерными ходами // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1987. Вып. 45. С. 40—46.

Статья поступила в редколлегию 09.04.87