

Я.М.Костецька, В.М.Параняк

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПОДВІЙНИХ РЯДІВ ТРИЛАТЕРАЦІЇ

На геодинамічних полігонах, будівельних майданчиках нами рекомендовано створити планове обґрунтування, застосовуючи подвійні мережі трилатерації. У таких мережах ствітловідалеміром вимірюють не тільки довжини сторін, але й частину замикаючих двох сторін, що мають спільний пункт і кут між ними є близьким до 180° . Виміряні замикаючі повинні творити геодезичні чотирикутники, або центральні системи, які ніби покладені на всю мережу (див. рисунок). Дослідження таких мереж, назованих подвійними, показали, що точність розміщення пунктів у них практично вдвічі вища, ніж у звичайних мережах.

Під час пошуку оптимального методу створення планового обґрунтування вигідно мати формули, що дають змогу оцінити точність елементів мережі. Для подвійних мереж трилатерації таких формул нема, тому їх знаходження є актуальним.

Нами розглянуті подвійні ряди геодезичних прямокутників (див. рисунок). Основна мережа в них - це два стичних ряди геодезичних прямокутників. Замикаючі, які на рисунку показані товстими лініями, утворюють ряд геодезичних прямокутників.

Найслабшим пунктом будь-якого вільного ряду є його кінцевий пункт. Тому ми поставили задачу одержати формули для визначення помилок розміщення кінцевого пункту подвійного ряду із геодезичних прямокутників.

Перший і останній пункти (K і L) входять не тільки в основну мережу, але й в мережу із замикаючих. Тому координати останнього пункту можна одержати по ходовій лінії, яка складається тільки із замикаючих. Це наведе на думку, що для оцінки точності останнього пункту в подвійних рядах можна використовувати формули І.А.Кутузова поперечного (u) і поздовжнього (t) асувів кінцевого пункту звичайного ряду геодезичних прямокутників [2]:

$$u = \mu \sqrt{AN^3 + EN^2 + CN + E},$$

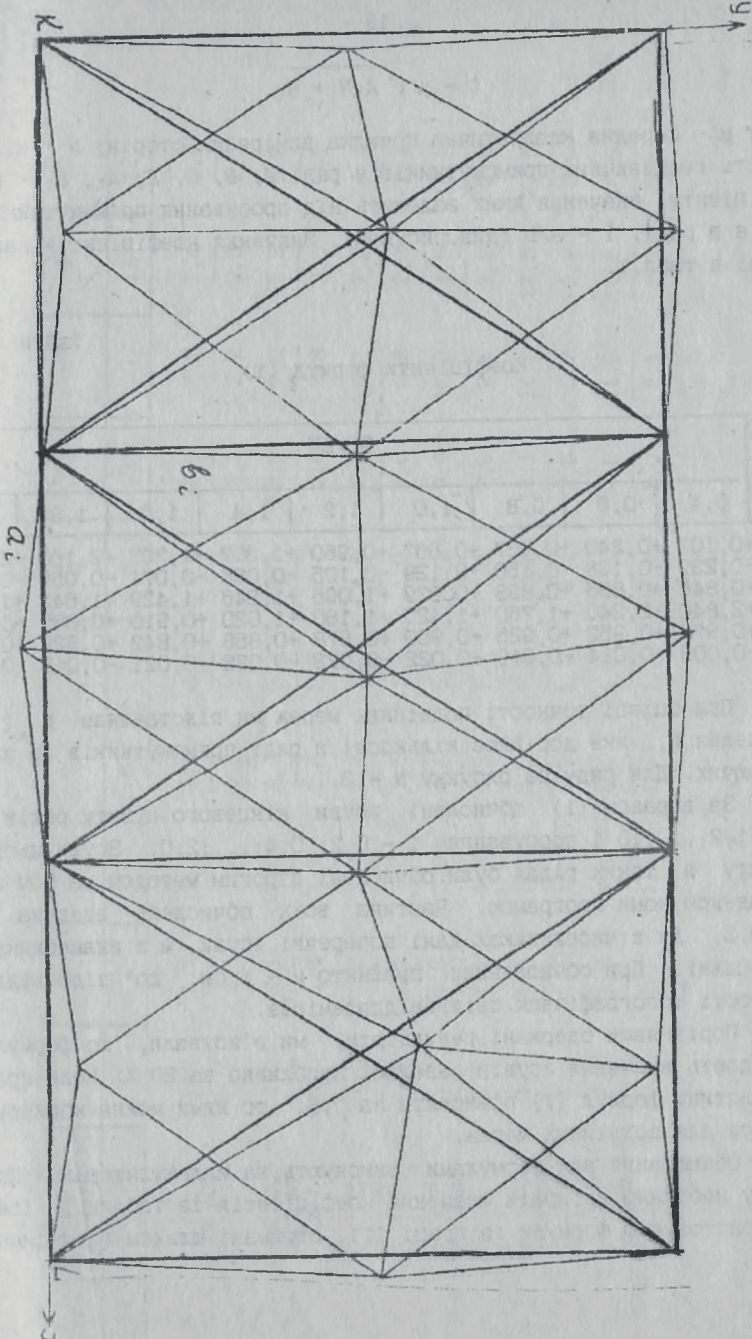


Схема подвійного ряду із геодезичних триангуляцій.

$$t = \mu \sqrt{A_t N + B_t}$$

Тут μ - середня квадратична помилка виміряних сторін; N - кількість геодезичних прямокутників у ряді A, B, C, E ; A_t, B_t - коефіцієнти, значення яких залежить від просування прямокутників, що є в ряді, l - a/b (див.рисунок). Значення коефіцієнтів наведені в табл.1.

Таблиця 1

Коефіцієнти формул (1)

Коефіцієнт	ЗСУВИ								
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
A	+0,107	+0,240	+0,427	+0,667	+0,960	+1,307	+1,707	+2,160	+2,667
B	-0,239	-0,198	-0,160	-0,129	-0,105	-0,086	-0,071	-0,059	-0,050
C	+0,846	+0,855	+0,898	+0,979	+1,096	+1,246	+1,429	+1,643	+1,886
E	+2,840	+2,240	+1,760	+1,420	+1,180	+1,020	+0,910	+0,830	+0,770
A _t	+0,976	+0,952	+0,925	+0,900	+0,878	+0,859	+0,842	+0,829	+0,818
B _t	-0,008	-0,014	-0,019	-0,022	-0,022	-0,022	-0,021	-0,019	-0,018

При оцінці точності подвійних мереж ми підставляли в (1) значення N , яке дорівнює кількості в ряді прямокутників із замкнутих. Для ряду на рисунку $N = 3$.

За виразом (1) обчислені зсуви кінцевого пункту рядів a $N = 1, 2, \dots, 10$ і просуванням $l = 0, 2; 0, 4; \dots; 2, 0$. Зсуви цього пункту в таких рядах були обчислені строгим методом на ЕОМ за складеною нами програмою. Частина всіх обчислень зведена в табл.2, де в чисельниках дані поперечні зсуви, а в знаменниках подовжні. При обчисленнях прийнято $\mu = 1$ см, що відповідає точності топографічних світловіддалемірів.

Порівнявши одержані результати, ми з'ясували, що формули (1) дають значення зсувів завеликі приблизно на 20 %. Коли праву частину формул (1) помножити на 0,8, то ними можна користуватися для подвійних мереж.

Обчислення за формулами виконують на калькуляторах. При цьому небажано вибирати значення коефіцієнтів із таблиць. Тому використовуємо формули із праці [1], отримані шляхом апроксима-

Посадовій і поперецній асуви кінцевого пункту подвійного ряду

Зсув	Спосіб бчислювання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,4	на ЕОМ	0,8	1,2	1,7	2,4	3,2	4,1	5,1	6,2	7,4	8,6
		0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5
	за фор- мулами (1)	1,9	2,1	2,5	3,0	3,8	4,7	5,8	7,0	8,3	9,7
		1,0	1,4	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,1
	за фор- мулами (2)	1,0	1,2	1,7	2,4	3,2	4,0	5,0	6,1	7,2	8,4
		0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4
0,8	на ЕОМ	1,0	1,9	3,0	4,4	6,0	7,9	9,9	12,0	14,3	16,7
		0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4
	за фор- мулами (1)	1,7	2,5	3,8	5,0	7,4	9,7	12,1	14,7	17,5	20,5
		1,0	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,5	2,7	2,9	3,0
	за фор- мулами (2)	1,3	1,8	3,0	4,4	6,0	7,8	9,8	11,9	14,3	16,5
		0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1,0	на ЕОМ	<u>1,1</u>	<u>2,1</u>	<u>3,6</u>	<u>5,4</u>	<u>7,5</u>	<u>9,7</u>	<u>12,2</u>	<u>14,9</u>	<u>17,7</u>	<u>20,8</u>
		0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3
	за фор- мулами (1)	<u>1,7</u>	<u>2,9</u>	<u>4,6</u>	<u>6,8</u>	<u>9,3</u>	<u>12,1</u>	<u>15,2</u>	<u>18,5</u>	<u>22,0</u>	<u>25,8</u>
		0,9	1,8	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3,0
	за фор- мулами (2)	<u>1,4</u>	<u>2,3</u>	<u>3,7</u>	<u>5,5</u>	<u>7,5</u>	<u>9,7</u>	<u>12,2</u>	<u>14,8</u>	<u>17,6</u>	<u>22,6</u>
		0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4
1,2	на ЕОМ	<u>1,2</u>	<u>2,5</u>	<u>4,3</u>	<u>6,4</u>	<u>8,9</u>	<u>11,6</u>	<u>14,6</u>	<u>17,7</u>	<u>21,1</u>	<u>24,7</u>
		0,7	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3
	за фор- мулами (1)	<u>1,8</u>	<u>3,3</u>	<u>5,4</u>	<u>8,0</u>	<u>11,1</u>	<u>14,5</u>	<u>18,2</u>	<u>22,2</u>	<u>26,5</u>	<u>31,0</u>
		0,9	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0
	за фор- мулами (2)	<u>1,6</u>	<u>2,7</u>	<u>4,4</u>	<u>6,5</u>	<u>8,9</u>	<u>11,6</u>	<u>14,6</u>	<u>17,7</u>	<u>21,1</u>	<u>24,7</u>
		0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1,6	на ЕОМ	<u>1,5</u>	<u>3,2</u>	<u>5,8</u>	<u>8,4</u>	<u>11,6</u>	<u>15,2</u>	<u>19,2</u>	<u>23,4</u>	<u>27,9</u>	<u>32,6</u>
		0,7	1,0	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	за фор- мулами (1)	<u>2,0</u>	<u>4,4</u>	<u>7,1</u>	<u>10,7</u>	<u>14,8</u>	<u>19,3</u>	<u>24,3</u>	<u>29,7</u>	<u>35,4</u>	<u>41,4</u>
		0,9	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9
	за фор- мулами (2)	<u>1,8</u>	<u>3,4</u>	<u>5,8</u>	<u>8,6</u>	<u>11,8</u>	<u>15,4</u>	<u>19,4</u>	<u>23,6</u>	<u>28,1</u>	<u>32,8</u>
		0,7	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3
2,0	на ЕОМ	<u>1,7</u>	<u>3,9</u>	<u>6,9</u>	<u>10,4</u>	<u>14,4</u>	<u>18,9</u>	<u>23,7</u>	<u>29,0</u>	<u>34,5</u>	<u>40,4</u>
		0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2
	за фор- мулами (1)	<u>2,3</u>	<u>5,1</u>	<u>8,8</u>	<u>13,3</u>	<u>18,5</u>	<u>24,2</u>	<u>30,4</u>	<u>37,1</u>	<u>44,2</u>	<u>51,8</u>
		0,9	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8
	за фор- мулами (2)	<u>2,1</u>	<u>4,1</u>	<u>7,1</u>	<u>10,6</u>	<u>14,7</u>	<u>19,2</u>	<u>24,1</u>	<u>29,4</u>	<u>35,0</u>	<u>41,8</u>
		0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3

ції на ЕОМ значень, обчислених за формулами (1):

$$u = \mu \left(0,191 + \frac{0,782}{N} + 0,8061N \right) \sqrt{N},$$

$$t = \mu(0,980 - 0,03811) \sqrt{N}.$$

Якщо врахувати коефіцієнт 0,8, то одержимо:

$$u = \mu \left(0,153 + \frac{0,626}{N} + 0,6451N \right) \sqrt{N},$$

$$t = \mu(0,784 - 0,03051) \sqrt{N}.$$

Результати обчислень за формулами (2) подані в табл.2. Порівнюючи значення асувів, одержаних строго на ЕОМ і за формулами (2), бачимо, що при $N \geq 3$ і $l \geq 0,4$ асуви, обчислені за формулами, мають точність не менше ніж 3%. Тому формули (2) можна рекомендувати для попереднього розрахунку точності розміщення пунктів подвійних рядів трилатерації іа геодезичних прямокутників.

1. Бронштейн Г.С., Сафонов А.С. Апроксимация формул для оценки точности ряда трилатерации // Геодезия и картография. 1974. N 1. С.12-15. 2. Кутузов И.А. Накопление погрешностей в рядах трилатерации с измеренными сторонами // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1957. N 2. С.87-100.