

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 528

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЕЛ ОБУСЛОВЛЕННОСТИ В РЯДАХ И ЗВЕНЬЯХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ ИХ УРАВНИВАНИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ И КОРРЕЛАТНЫМ СПОСОБАМИ

канд. техн. наук, доц. **В.И. МИЦКЕВИЧ**, **П.Ф. ПАРАДНЯ**, канд. техн. наук **Л.А. ЧЕРКАС**
(Полоцкий государственный университет)

Приведены результаты исследований по анализу изменения чисел обусловленности в рядах и звеньях геодезических сетей при их уравнивании параметрическим и коррелятным способами.

С появлением быстродействующих ЭВМ удалось создать универсальный коррелятно-параметрический способ уравнивания, заключающийся в следующем.

1. Применяют параметрический способ уравнивания и вычисляют вспомогательную матрицу;

$$B^* = E - AF, \quad (1)$$

где E – единичная матрица; A – матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок; F – расширенная псевдообратная матрица, определяемая выражением

$$F = (A^T P A)^{-1} A^T P, \quad (2)$$

где P – матрица весов измерений.

2. Поскольку число строк матрицы B^* равно числу измерений n , а в матрице условных уравнений B числу избыточных измерений, то, как показано в статье, для получения B переписывают r строк из матрицы B^* . Эти строки должны быть линейно независимыми, иначе определитель матрицы

$$N = B P^{-1} B^T \quad (3)$$

будет равен 0.

3. Чтобы выделить r строк из n существуют следующие правила:

- выполняется перенумерация определяемых пунктов, начиная с исходных пунктов, методом наращивания с тем, чтобы автоматизировать переход к r строкам;
- для исследуемого определяемого пункта выбирают i измерений, связанных с пунктами с известными координатами:
 - если $i = 2$, то эти измерения переписываются из B^* в B , если $i > 2$, то берут измерения, непосредственно выполненные на исследуемом определяемом пункте.

4. Поскольку алгоритм, указанный в пункте 3, очень сложен, то часто выбирается меньше строк из B^* , т.е. вместо r выбирают r' строк.

На рис. 1 показана удвоенная цепочка трилатерации.

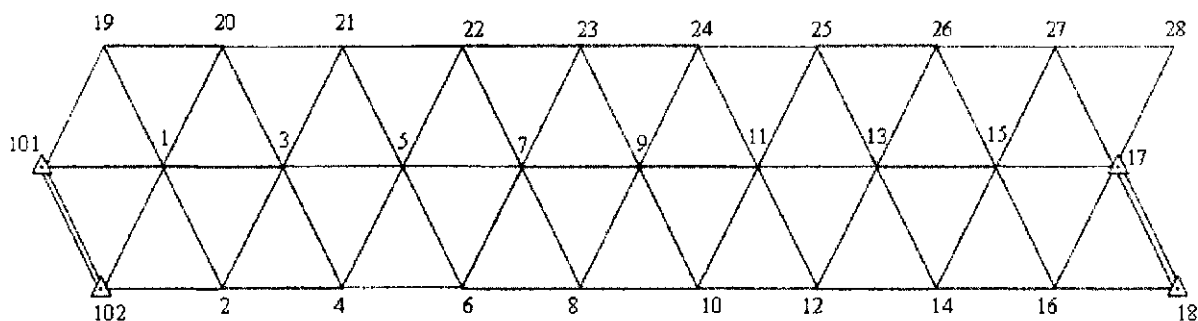


Рис. 1. Цепочка трилатерации

По программе OZKOR2 получено $K = 28$; $r = r' = 8$; $C_p = 60\ 904$; $C_K = 70,4$ (исходные пункты 101, 102, 17, 18).

Рассмотрим звено триангуляции, показанное на рис. 2.

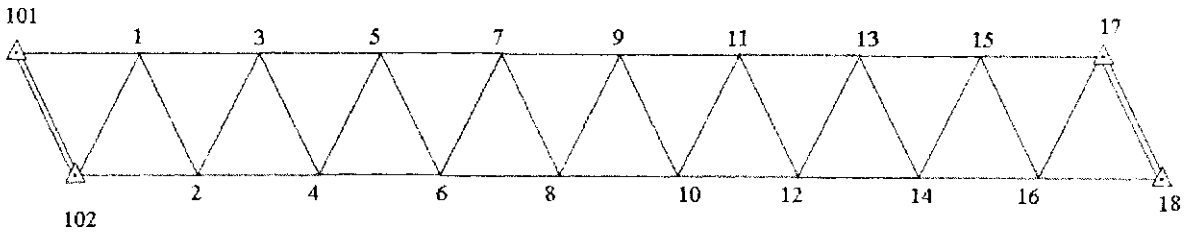


Рис. 2. Звено триангуляции

Будем изменять положение исходного по счету пятого и шестого пунктов и записывать результаты в табл. 1.

Таблица 1

Обработка звена триангуляции

№ п/п	Номера дополнительных исходных пунктов к п. 101, 102, 17, 18	К	r	r'	C _к	C _р
1	15,16	16	40	38	4647	2426
2	13,14	14	44	42	2409	783
3	11,12	14	44	42	1475	441
4	9,10	14	44	42	1230	254
5	7,8	14	44	42	2148	254
6	5,6	14	44	42	3930	440
7	3,4	14	44	42	6774	783

Выполним исследования по определению зависимости C_к, C_р от величины связующих углов в звене триангуляции. Результаты обработки звена триангуляции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Обработка звена триангуляции с разными связующими углами

№ п/п	Координаты верхних точек X, м	Связующие углы, град.	К	r	r'	C _к	C _р
1	71	8.0	16	40	38	59 141	880 000
2	771	57.0	16	40	38	4 647	2 426
3	5 771	85.0	16	40	38	406	9 718
4	17 771	88.4	16	40	38	440	91 300
5	97 771	89.7	16	40	38	445	2,7·10 ⁶

Рассмотрим ряд и звено линейно-угловой триангуляции (см. рис. 2). В табл. 3 приведены значения C_к, C_р в ряду этой триангуляции.

Таблица 3

Обработка ряда линейно-угловой триангуляции

№ п/п	Координаты верхних точек X, м	Связующие углы, град.	К	r	r'	C _к	C _р
1	71	8,0	18	72	72	0,028·10 ⁹	116 000
2	771	57,0	18	72	72	0,106·10 ⁶	33 000
3	5 771	85,0	18	72	72	0,609·10 ⁶	18 000
4	17 771	88,4	18	72	72	5,49·10 ⁶	12 700
5	97 771	89,7	18	72	72	166·10 ⁶	12 000

В табл. 4 представлены значения C_к, C_р в звене линейно-угловой триангуляции.

Таблица 4

Обработка звена линейно-угловой триангуляции

№ п/п	Координаты верхних точек X, м	Связующие углы, град.	K	r	r'	C _K	C _P
1	71	8,0	16	75	75	174·10 ⁶	6 180
2	771	57,0	16	75	75	31·10 ⁶	1 107
3	5 771	85,0	16	75	75	3,9·10 ⁶	1 746
4	17 771	88,4	16	75	75	12,6·10 ⁶	2 241
5	97 771	89,7	16	75	75	337·10 ⁶	2 710

В табл. 5 рассмотрено звено сдвоенной цепочки трилатерации (см. рис. 1) с изменением координаты X верхних пунктов с номиналом 1541 м.

Таблица 5

Обработка звена трилатерации

№ п/п	Координаты верхних точек X, м	Связующие углы, град.	K	r	r'	C _K	C _P
1	841	59,2	28	8	8	230	0,123·10 ⁶
2	2541	78,9	28	8	8	57,9	0,050·10 ⁶
3	6541	85,6	28	8	8	49,7	0,067·10 ⁶
4	48541	88,4	28	8	8	47,6	0,234·10 ⁶
5	98541	89,7	28	8	8	46,8	5,65·10 ⁶

Рассмотрим влияние изломанности сети на величину C_K, C_P (табл. 6).

Таблица 6

Обработка сетей различных видов

№ п/п	№ рисунка	K	r	r'	C _K	C _P
1	Рис. 3	18	44	42	293	3 360
2	Рис. 4	18	40	45	137	1 783
3	Рис. 5	18	4	2	4 543	3 836
4	Рис. 6	18	4	2	7 722	11 969
5	Рис. 7	9	4	2	12 944	659
6	Рис. 8	9	4	2	8 273	1 107
7	Рис. 9 (триангуляция)	18	43	41	2 986	3 502
8	Рис. 10	18	83	72	1,0·10 ⁶	1 584
9	Рис. 9 (полигонометрия)	18	82	75	0,79·10 ⁶	1 713

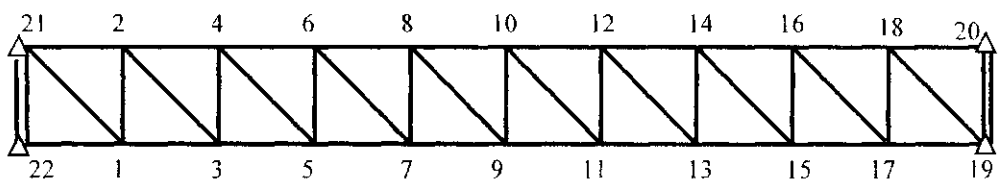


Рис. 3. Сеть триангуляции

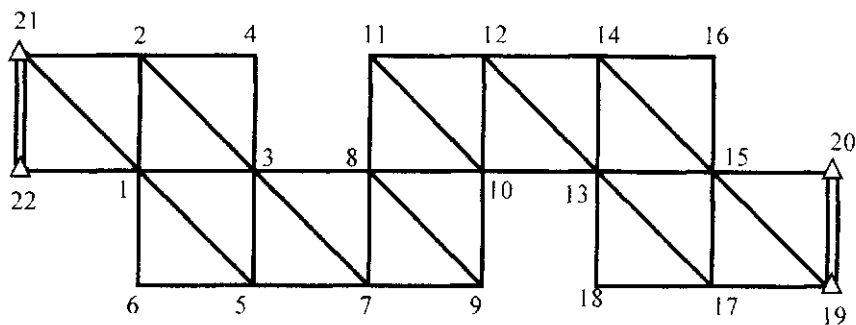


Рис. 4. Изломанный ряд триангуляции

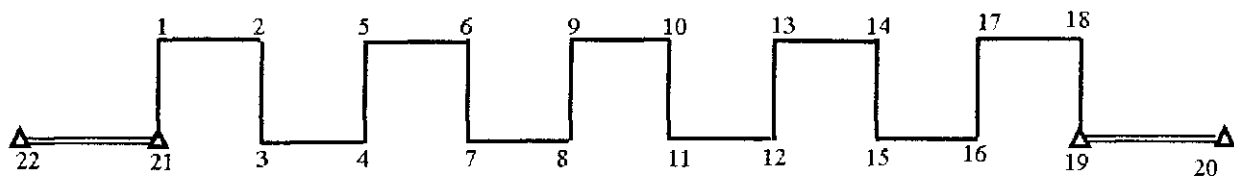


Рис. 5. Изломанный ход полигонометрии

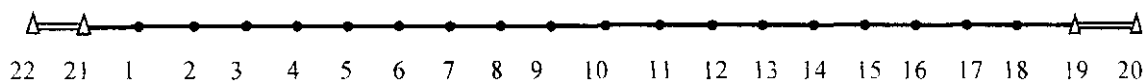


Рис. 6. Вытянутый ход полигонометрии

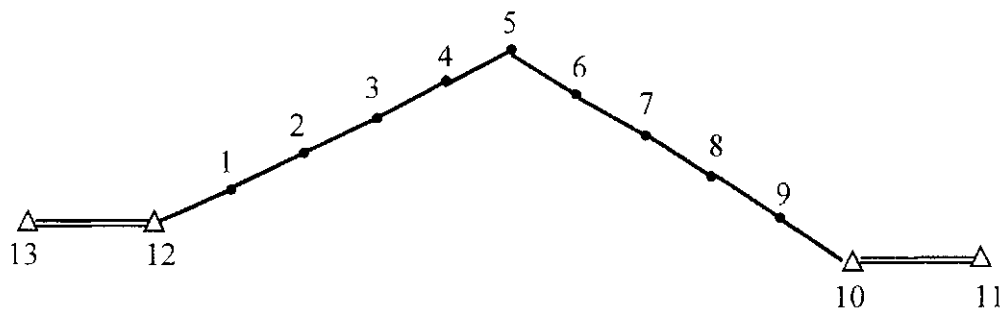


Рис. 7. Изломанный ход полигонометрии

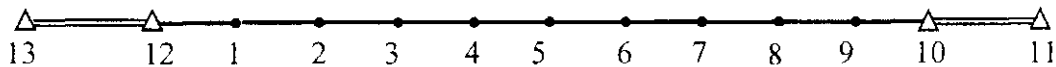


Рис. 8. Вытянутый ход полигонометрии

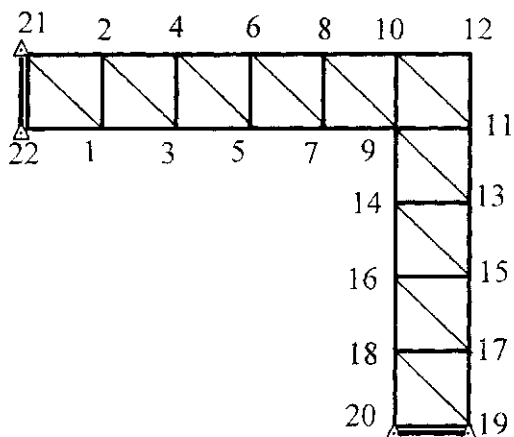


Рис. 9. Изломанная цепочка квадратов

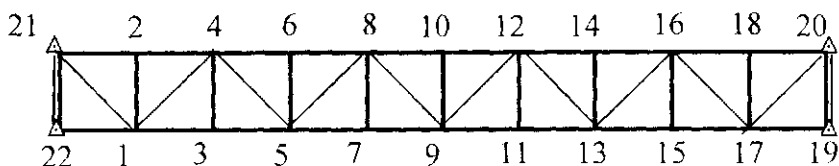


Рис. 10. Сеть полигонометрии

Выявим зависимость C_K, C_P для линейно-угловых сетей с различным сочетанием точности линейных измерений при $\sigma_b = 2,0''$ (табл. 7).

Таблица 7

Значения C_K, C_P при изменении значения σ_N для различных сетей

№ п/п	$\sigma_N, \text{мм}$	C_K	C_P
1	2	3	4
Изломанный ход полигонометрии (см. рис. 5)			
1	10	30 607	2 532
2	20	4 543	3 836
3	30	1 584	6 465
4	40	743	10 221
5	50	410	15 073
6	60	253	21 012
Вытянутый ход полигонометрии (см. рис. 6)			
1	10	30 887	11 748
2	20	7 722	11 969
3	30	3 432	14 378
4	40	1 930	19 465
5	50	1 235	27 240
6	60	858	37 449
Изломанный ход полигонометрии (см. рис. 7)			
1	10	57 788	307
2	20	12 944	659
3	30	4 935	1 161
4	40	2 340	1 651
5	50	1 264	2 094
6	60	749	2 500
1	2	3	4

Окончание табл. 7

Вытянутый ход полигонометрии (см. рис. 8)			
1	10	33 091	776
2	20	8 273	1 107
3	30	3 677	2 025
4	40	2 068	3 442
5	50	1 324	5 308
6	60	919	7 607
Линейно-угловая триангуляция – 1 цепочка (см. рис. 2)			
1	10	15 699 633	33,2
2	20	3 889 977	38,2
3	30	1 738 817	39,6
4	40	995 755	40,2
5	50	661 436	40,5
6	60	490 016	40,6
Линейно-угловая триангуляция – 9 цепочек			
1	10	262 669 866	5 767
2	20	64 508 358	9 320
3	30	28 798 665	12 760
4	40	16 524 087	15 643
5	50	11 35 748	17 911
6	60	8 252 566	19 641
Полигонометрия – 1 цепочка			
1	10	17 750 756	26 067
2	20	1 153 935	27 168
3	30	243 238	29 568
4	40	83 893	34 760
5	50	38 079	43 618
6	60	20587	56 218
Полигонометрия – 9 цепочек			
1	10	571 863 278	33 177
2	20	37 344 122	48 314
3	30	7 952 290	67 097
4	40	2 789 077	92 448
5	50	1 294 636	126 730
6	60	718 138	170 402

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. В звене триангуляции назначение дополнительных исходных пунктов приводит к незначительным увеличениям C_K и C_P .
2. В звене триангуляции с разными связующими углами C_K резко возрастает при $\beta < 57^\circ$ и не изменяется при $\beta > 57^\circ$. Скорость изменения C_P гораздо выше, чем C_K .
3. В линейно-угловом ряде триангуляции наблюдается для C_K такая же тенденция с изменением β , но $C_K \gg C_P$. Аналогичная закономерность и для звена линейно-угловой триангуляции.
4. В звене трилатерации C_K не зависит от β при $\beta > 57^\circ$ и незначительно увеличивается при $\beta < 57^\circ$. Однако во всех случаях $C_P \gg C_K$.
5. В изломанных ходах всюду выполняется правило:

$$(C_K; C_P)_{\text{прямой}} > (C_K; C_P)_{\text{излом}}$$

6. Замечено, что в линейно-угловых построениях при $(\sigma_S)_i > (\sigma_S)_{i+1}$; $(C_K)_i < (C_K)_{i+1}$; $(C_P)_i > (C_P)_{i+1}$ практически можно применить любое σ_S при поиске оптимального C_K .