

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Я. Костецька, С. Петров, О. Фролов
Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: державна мережа, врівноваження.

Постановка проблеми

Державні геодезичні мережі (ДГМ) згідно з чинними нормативними документами можна створювати супутниковим методом, а також традиційними методами, такими, як триангуляція, трилатерація та полігонометрія [5]. Для цих методів встановлено вимоги до довжин сторін мережі та точності виконання вимірювань. І незалежно від методу створення мережі середня квадратична помилка взаємного положення пунктів мереж кожного класу не повинна перевищувати вказаного в [5] значення, тобто 50 мм. Незважаючи на те, що нині основним методом створення державних геодезичних мереж є супутниковий, викликає інтерес порівняння точності та економічних параметрів створених різними методами ДГМ.

Аналіз публікацій

У [5] вказано, що пункти 2 класу “визначаються, як правило, відносними методами супутникової геодезії, а також традиційними геодезичними методами (триангуляції, трилатерації, полігонометрії)”, тобто надається перевага супутниковому методу, але дозволяються і традиційні методи. В літературі, яка видається в Україні і за рубежом, також розглядаються як традиційні, так і супутникові методи створення опорних геодезичних мереж, наприклад, в [7]. У [6] розглядається можливість створення мереж комбінацією супутникового і одного з традиційних методів, але з використанням сучасних електронних геодезичних приладів. Порівняння супутникового методу з традиційними в літературі останніх років відсутнє.

Постановка завдання

Дослідження виконано з метою порівняння точності положення пунктів мереж, побудованих із трикутників та створених двома тради-

ційними методами, а саме методами триангуляції і трилатерації, та супутниковим методом, тобто за результатами спостережень двочастотними приймачами відносним статичним методом. Крім точності положення пунктів, треба було порівняти вартість створення мережі кожним методом та працевитрати на польові та камеральні роботи.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження використано результати вимірів в реально створеній мережі з 15 пунктів, побудованій з 18 трикутників (див. рисунок). Мережа прив’язана до семи вихідних пунктів вищого класу точності. Свого часу в мережі було виконано кутові та лінійні вимірювання. А в останні роки на всіх пунктах цієї мережі здійснено відносні супутникові спостереження.

Мережа розташована переважно на незабудованій рівнинній території. Тільки західна частина мережі розміщена на передгір’ї. Тому вихідні пункти 1, 2, 11 і 14 розташовані на командних висотах. На всіх пунктах мережі, разом з вихідними, були задовільні умови для приймання сигналів супутників.

У табл. 1 зведено наближені значення вимірних кутів, приведені до центрів знаків, а в табл. 2 – наближені значення довжин сторін, приведені до центрів знаків та редуковані на площину.

Загалом мережа за довжинами сторін (див. табл. 2) відповідає вимогам до побудови геодезичної мережі 2 класу супутниковим методом та методом триангуляції. Тільки сторона 2–7 має довжину, більшу від 20 км. Для методу трилатерації довжини сторін повинні бути в межах 5–12 км. У досліджуваній мережі дванадцять сторін мають довжину, більшу від 12 км.

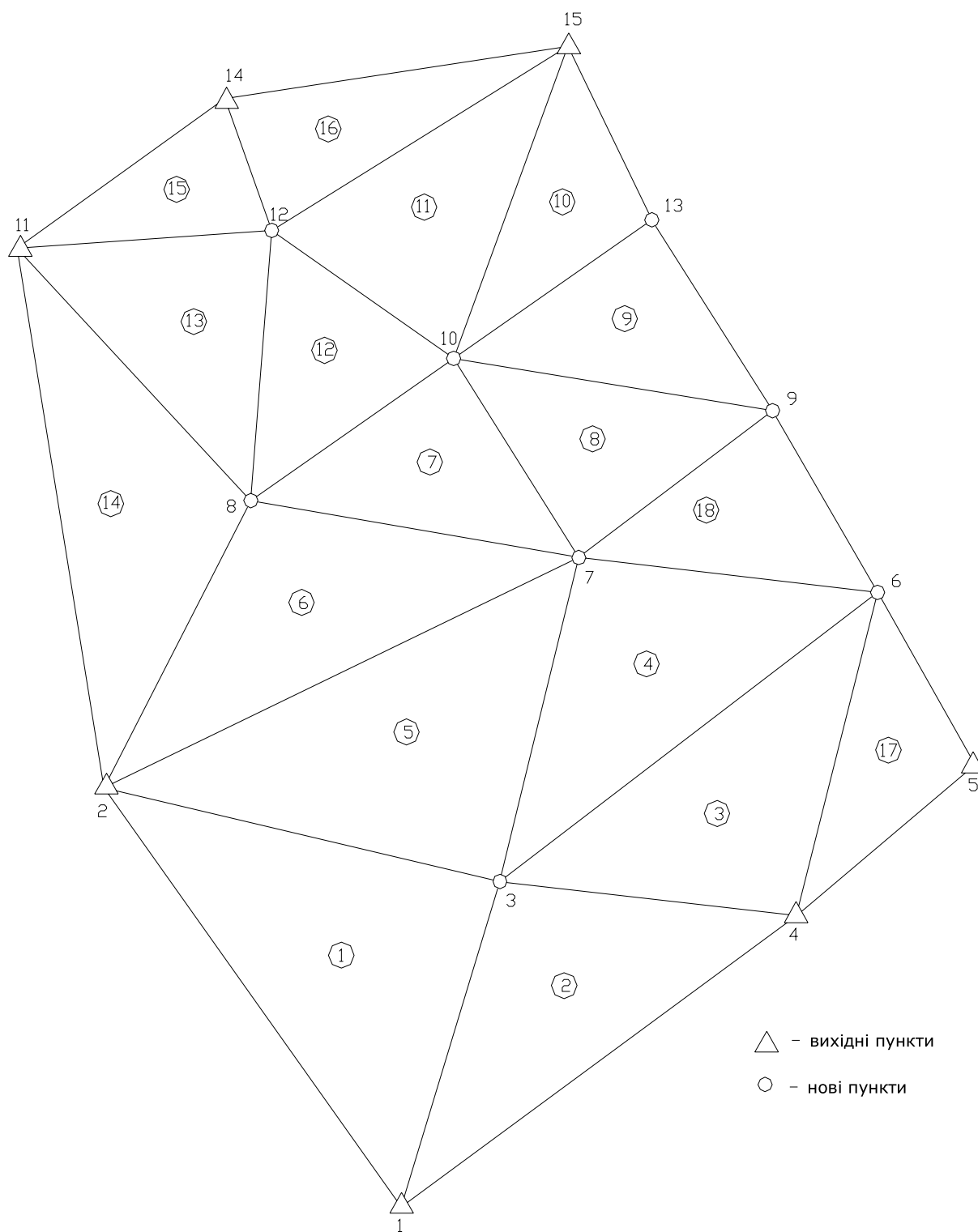


Схема мережі

Таблиця 1

Значення кутів з точністю до 0,05'

№ тр-ка	Назва кута	Значення кута	№ тр-ка	Назва кута	Значення кута
1	<u>3-2-1</u>	40°46,35'	10	<u>13-15-10</u>	40°48,20'
	<u>2-1-3</u>	66°27,95'		<u>15-10-13</u>	49°44,05'
	<u>1-3-2</u>	72°45,64'		<u>10-13-15</u>	89°27,70'
2	<u>3-1-4</u>	48°59,85'	11	<u>12-10-15</u>	68°08,25'
	<u>1-4-3</u>	48°52,05'		<u>10-15-12</u>	37°14,75'
	<u>4-3-1</u>	82°08,00'		<u>15-12-10</u>	74°37,00'
3	<u>3-4-6</u>	77°20,95'	12	<u>8-10-12</u>	61°40,20'
	<u>4-6-3</u>	51°13,75'		<u>10-12-8</u>	71°17,45'
	<u>6-3-4</u>	51°25,25'		<u>12-8-10</u>	47°02,30'
4	<u>3-6-7</u>	38°24,50'	13	<u>12-11-8</u>	49°04,95'
	<u>6-7-3</u>	100°19,15'		<u>11-8-12</u>	60°34,90'
	<u>7-3-6</u>	41°16,30'		<u>8-12-11</u>	70°20,10'
5	<u>3-7-2</u>	44°21,75'	14	<u>8-11-2</u>	36°07,15'
	<u>7-2-3</u>	23°13,60'		<u>11-2-8</u>	31°45,25'
	<u>2-3-7</u>	112°24,60'		<u>2-8-11</u>	112°07,65'
6	<u>2-7-8</u>	36°36,60'	15	<u>12-14-11</u>	71°53,55'
	<u>7-8-2</u>	104°59,50'		<u>14-11-12</u>	49°20,45'
	<u>8-2-7</u>	38°32,85'		<u>11-12-14</u>	58°46,00'
7	<u>7-10-8</u>	97°35,70'	16	<u>12-15-14</u>	37°29,85'
	<u>10-8-7</u>	35°24,65'		<u>15-14-12</u>	57°30,75'
	<u>8-7-10</u>	46°59,60'		<u>14-12-15</u>	84°59,40'
8	<u>7-9-10</u>	45°49,40'	17	<u>6-4-5</u>	59°20,60'
	<u>9-10-7</u>	42°21,05'		<u>4-5-6</u>	85°54,30'
	<u>10-7-9</u>	91°49,55'		<u>5-6-4</u>	34°45,05'
9	<u>10-9-13</u>	46°40,85'	18	<u>7-6-9</u>	51°23,10'
	<u>9-13-10</u>	92°48,55'		<u>6-9-7</u>	88°43,50'
	<u>13-10-9</u>	40°30,60'		<u>9-7-6</u>	39°53,40'

Таблиця 2

Довжини сторін мережі з точністю до 0,1 м

Назва сторони	Довжина сторони, м	Назва сторони	Довжина сторони, м	Назва сторони	Довжина сторони, м
1-3	14 147,4	6-9	7 630,0	9-13	8 970,0
2-8	16 201,7	7-8	16 930,0	10-12	9 650,3
2-7	26 261,0	7-9	9 296,1	10-13	10 046,5
2-3	19 861,6	7-6	11 894,6	10-15	15 373,4
3-7	11 202,7	7-10	9 896,6	11-12	13 380,0
3-6	17 740,3	8-10	12 490,0	12-14	10 679,0
3-4	1 415,7	8-11	14 464,8	12-15	14 798,0
6-4	14 213,5	8-12	11 607,3	13-15	11 731,4
6-5	12 258,5	9-10	13 729,2		

Кутові вимірювання в цій мережі виконано високоточним теодолітом за програмою, яка забезпечує середню квадратичну помилку (СКП) виміряних кутів – 1". Довжини сторін було виміряно високоточним світловіддалеміром-геодиметром, точність вимірювання яким характеризується СКП 5 мм + 2 ppm. Відносна СКП найкоротшої сторони 6–9 (довжина її 7,63 км) становить 1:376 000, тобто точність лінійних вимірювань задовольняє вимоги до мереж трилатерації 2 класу. Супутникові спостереження здійснено двочастотними приймачами, які забезпечують такі СКП параметрів векторів: довжини вектора – 5 мм + 1 ppm, його азимута – 1" + 5"/S (S – довжина вектора в кілометрах і перевищення кінців вектора – 10 мм + 1 ppm). Тривалість сесій спостережень на всіх пунктах становила 6 годин. На найдовшому базисі 2–7 (26,3 км) виконано дві шестигодинні сесії спостережень. Отже, всі вимірювання виконано з точністю, яка відповідає вимогам до вимірювань в ДГМ 2 класу, створених методом триангуляції та супутниковим методом. Тому, цю мережу можна розглядати як державну геодезичну мережу 2 класу.

$$Q_k = \begin{pmatrix} 849,1 & 167,1 & 104,4 & 171,4 & 147,6 & 15,8 & 28,2 & 15,7 & 204,1 & 51,3 & 64,0 & 13,4 & 3,3 & 12,4 & 131,6 & -9,2 \\ 167,1 & 826,7 & -110,8 & 275,9 & -195,6 & 530,1 & -145,9 & 83,6 & -207,5 & 381,0 & -42,8 & 250,1 & 1,6 & 75,7 & -1,2 & 217,1 \\ 104,4 & -110,8 & 1728,2 & -345,1 & 820,8 & -310,9 & 226,8 & -21,4 & 1133,4 & -633,6 & 292,4 & -247,4 & 13,2 & -38,3 & 377,3 & -396,6 \\ 171,4 & 275,9 & -345,1 & 1258,9 & -132,2 & 433,0 & -100,5 & 82,0 & 194,1 & 795,1 & 10,5 & 235,1 & 1,3 & 76,3 & 361,3 & 276,7 \\ 147,6 & -195,6 & 820,8 & -132,2 & 1032,2 & -145,5 & 233,1 & 53,7 & 967,9 & -337,9 & 391,7 & -41,8 & 19,9 & 36,7 & 451,8 & -249,4 \\ 15,8 & 530,1 & -310,9 & 433,0 & -145,5 & 976,0 & -228,2 & 177,4 & -315,7 & 669,8 & 3,1 & 497,3 & 1,6 & 160,6 & 47,9 & 385,0 \\ 28,2 & -145,9 & 226,8 & -100,5 & 233,1 & -228,2 & 820,2 & 77,3 & 267,9 & -185,3 & 243,7 & -198,5 & 21,4 & -11,2 & 216,2 & -191,3 \\ 15,7 & 83,6 & -21,4 & 82,0 & 53,7 & 177,4 & 77,3 & 604,9 & -11,5 & 156,9 & 54,1 & 234,0 & 0,2 & 204,0 & 35,1 & 120,6 \\ 204,1 & -207,5 & 1133,4 & 194,1 & 967,9 & -315,7 & 267,9 & -11,5 & 1663,8 & -371,1 & 374,2 & -264,9 & 17,1 & -32,9 & 738,3 & -391,3 \\ 51,3 & 381,0 & -633,6 & 795,1 & -337,9 & 669,8 & -185,3 & 156,9 & -371,1 & 1594,9 & -27,3 & 537,5 & 2,0 & 162,1 & 402,1 & 645,4 \\ 64,0 & -42,8 & 292,4 & 10,5 & 391,7 & 3,1 & 243,7 & 54,1 & 374,2 & -27,3 & 541,4 & -131,2 & 25,2 & 29,2 & 485,9 & -191,9 \\ 13,4 & 250,1 & -247,4 & 235,1 & -41,8 & 497,3 & -198,5 & 234,0 & -264,93,3 & 537,5 & -131,2 & 982,6 & 3,2 & 275,6 & -200,8 & 561,9 \\ 3,3 & 1,6 & 13,2 & 1,3 & 19,9 & 1,6 & 21,4 & 0,2 & 17,1 & 2,0 & 25,2 & 3,2 & 40,8 & -0,5 & 21,5 & -4,4 \\ 12,4 & 75,7 & -38,3 & 76,3 & 36,7 & 160,6 & -11,2 & 204,0 & -32,9 & 162,1 & 29,2 & 275,6 & -0,5 & 528,8 & 3,6 & 144,5 \\ 131,6 & -1,2 & 377,3 & 361,3 & 451,8 & 47,9 & 216,2 & 35,1 & 738,3 & 402,1 & 485,9 & -200,8 & 21,5 & 3,6 & 1326,3 & -135,9 \\ -9,2 & 217,1 & -396,6 & 276,7 & -249,4 & 385,0 & -191,3 & 120,6 & -391,3 & 645,4 & -191,5 & 561,9 & -4,4 & 144,5 & -135,9 & 1098,7 \end{pmatrix}$$

За обчисленими при врівноваженні поправками до виміряних кутів визначена СКП одиниці ваги:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T V}{n - k}} = 1,07,$$

де $n=54$ – кількість виміряних кутів, $k=16$ – кількість невідомих. Вага виміряних кутів $P_k = 1$, отже, за результатами врівноваження СКП виміряних кутів

$$m_k = 1,07''.$$

Як бачимо, точність кутових вимірювань відповідає апріорно встановленій точності і точності вимірювання кутів у триангуляції 2 класу.

У дослідженні використано матеріали кутових та лінійних вимірювань минулих років та результати супутникових спостережень. Врівноваження мереж, створених обома наземними методами, виконано параметричним способом [1, 3, 4]. У результаті отримано не тільки врівноважені значення виміряних величин, але і дані для оцінки точності виконаних вимірювань, а також координат і положення пунктів врівноваженої мережі.

При врівноваженні мережі, створеної методом триангуляції, прийнято, що результати вимірювань є рівноточними, бо всі кути вимірювались за однаковою програмою та одним теодолітом.

Тому вага виміряних кутів вважалась такою, що дорівнює 1. Під час обчислення коефіцієнтів рівнянь поправок кутів довжини сторін брались в міліметрах, тому поправки до наближених значень координат пунктів і СКП координат отримано в міліметрах.

У процесі врівноваження одержано вагову матрицю Q_k , яка наведена нижче з елементами, заокругленими до 0,1:

За отриманими ваговими коефіцієнтами, розташованими на діагоналі матриці Q_k , та значенням СКП одиниці ваги обчислені СКП координат пунктів мереж триангуляції та СКП їх положення, які зведено в табл. 3.

При врівноваженні мережі трилатерації для визначення ваг виміряних величин враховувалась залежність СКП виміряних сторін від їх довжин, тобто ваги довжин сторін обчислювали за формулою

$$P_s = \frac{C}{(5 + 2 \cdot S \cdot 10^{-6})^2},$$

де S – довжина сторони, мм, значення $C = 900$, тобто квадрата СКП сторони з дов

жиною 12,5 км, близькою до середньої довжини сторони мережі.

За результатами врівноваження отримано СКП одиниці ваги

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T P V}{n - k}} = 19,81,$$

де $n = 26$ – кількість виміряних в мережі сторін, $k = 16$ – кількість невідомих. Точність

виміряних сторін виявилась вищою від апріорно прийнятої. Її можна характеризувати середньою квадратичною помилкою

$$M = 5 \text{ мм} + 1,2 \text{ ppm}.$$

Відносна СКП виміряних сторін за результатами врівноваження є близькою до 1:600 000.

Вагова матриця наведена нижче з точністю її елементів до 0,01:

$$Q_s = \begin{pmatrix} 0,75 & -0,09 & 0,14 & 0,19 & 0,46 & 0,17 & 0,02 & 0,11 & 0,25 & 0,25 & 0,16 & 0,05 & 0,02 & 0 & 0,10 & 0,09 \\ -0,09 & 0,74 & 0,14 & 0,21 & 0,02 & 0,12 & 0 & 0,06 & 0,05 & 0,09 & -0,01 & 0,06 & -0,07 & 0,03 & 0,02 & 0,04 \\ 0,14 & 0,14 & 0,59 & 0,28 & 0,13 & 0,18 & 0 & 0,07 & 0,30 & 0,04 & 0,01 & 0,03 & 0 & 0,01 & 0,12 & -0,05 \\ 0,19 & 0,21 & 0,28 & 0,92 & 0,09 & 0,55 & 0 & 0,29 & 0,08 & 0,48 & -0,02 & 0,31 & -0,03 & 0,12 & 0,03 & 0,28 \\ 0,46 & 0,02 & 0,13 & 0,09 & 0,83 & 0,07 & 0,05 & 0,08 & 0,37 & 0,30 & 0,32 & -0,02 & 0,06 & -0,06 & 0,15 & 0,09 \\ 0,17 & 0,12 & 0,18 & 0,55 & 0,07 & 0,86 & -0,01 & 0,42 & 0,31 & 0,59 & -0,08 & 0,43 & -0,05 & 0,18 & 0,12 & 0,29 \\ 0,02 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & -0,01 & 0,62 & -0,04 & 0,01 & 0,04 & 0,16 & 0,10 & 0,28 & 0,09 & 0,10 & 0,14 \\ 0,11 & 0,06 & 0,07 & 0,29 & 0,08 & 0,42 & -0,04 & 0,90 & 0,16 & 0,38 & 0,21 & 0,43 & -0,01 & 0,13 & 0,23 & 0,42 \\ 0,25 & 0,05 & 0,30 & 0,08 & 0,37 & 0,31 & 0,01 & 0,16 & 0,83 & 0,34 & 0,10 & 0,11 & 0,01 & 0,03 & 0,31 & -0,05 \\ 0,25 & 0,09 & 0,04 & 0,48 & 0,30 & 0,59 & 0,04 & 0,38 & 0,34 & 0,96 & 0,11 & 0,45 & -0,02 & 0,16 & 0,10 & 0,46 \\ 0,16 & -0,01 & 0,01 & -0,02 & 0,32 & -0,08 & 0,16 & 0,21 & 0,10 & 0,11 & 0,79 & 0,17 & 0,13 & -0,06 & 0,36 & 0,47 \\ 0,05 & 0,06 & 0,03 & 0,31 & -0,02 & 0,43 & 0,10 & 0,43 & 0,11 & 0,45 & 0,17 & 0,74 & -0,03 & 0,26 & 0,33 & 0,63 \\ 0,02 & -0,07 & 0 & -0,03 & 0,06 & -0,05 & 0,28 & -0,01 & 0,01 & -0,02 & 0,13 & -0,03 & 0,55 & 0,08 & 0,04 & 0,03 \\ 0 & 0,03 & 0,01 & 0,12 & -0,06 & 0,18 & 0,09 & 0,13 & 0,03 & 0,16 & -0,06 & 0,26 & 0,08 & 0,47 & 0,07 & 0,17 \\ 0,10 & 0,02 & 0,12 & 0,03 & 0,15 & 0,12 & 0,10 & 0,23 & 0,31 & 0,10 & 0,36 & 0,33 & 0,04 & 0,07 & 0,86 & 0,48 \\ 0,0 & 0,04 & -0,05 & 0,28 & 0,09 & 0,29 & 0,14 & 0,42 & -0,05 & 0,46 & 0,47 & 0,63 & 0,03 & 0,17 & 0,48 & 1,30 \end{pmatrix}$$

За ваговими коефіцієнтами та СКП одиниці ваги обчислені СКП координат та положення пунктів мережі трилатерації, які зведено в табл. 3.

За результатами врівноваження **GPS-мережі** отримані значення СКП координат і положення пунктів, які зведено також в табл. 3.

Таблиця 3

Середні квадратичні помилки координат та положення пунктів мережі, створеної наземними та супутниковим методами

№	Позначення	Триангуляція	Трилатерація	GPS-мережа
3	m_x , мм	31,2	17,2	10,0
	m_x , мм	30,8	17,0	9,8
	M , мм	43,8	24,2	14,0
6	m_x , мм	44,5	15,2	8,9
	m_x , мм	38,0	19,2	10,9
	M , мм	58,5	24,3	14,0
7	m_x , мм	34,4	18,0	10,5
	m_x , мм	33,4	18,3	10,5
	M , мм	48,0	25,7	14,9
8	m_x , мм	30,6	15,6	9,2
	m_x , мм	26,3	18,8	10,8

Продовження табл. 3

	M , мм	40,4	24,5	14,2
9	m_x , мм	43,6	18,1	10,9
	m_x , мм	42,7	19,4	11,4
	M , мм	61,1	26,5	15,7
10	m_x , мм	24,9	17,5	10,1
	m_x , мм	33,5	17,0	10,0
	M , мм	41,8	24,4	14,3
11	m_x , мм	6,8	14,7	8,7
	m_x , мм	24,6	13,6	8,0
	M , мм	25,5	20,0	11,8
12	m_x , мм	39,0	18,4	11,1
	m_x , мм	35,5	22,6	13,4
	M , мм	52,7	29,2	17,4

Порівнюючи значення СКП положення пунктів мережі, побудованої різними методами, бачимо, що найнижчу точність одержано в мережі триангуляції. СКП положення пунктів мають значення від 25,5 мм (пункт 12) до 61,1 мм (пункт 9), помилки положення трьох пунктів, а саме 6, 9 і 13, які розташовані на краю мережі, перевищують допустиме значення, тобто 50 мм.

У мережі трилатерації СКП положення пунктів не перевищують 30 мм. Отже, можна припустити, що обмеження довжин сторін в мережах трилатерації 2 класу до 12 км не є обґрунтованим. Крім цього, варто зазначити, що при точності вимірювання сторін $m_s = 5 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$ СКП положення пунктів також не перевищували би 50 мм, бо тоді СКП одиниці ваги зросла би в 1,5 раза і СКП положення найслабшого пункту 13 дорівнювала б 43,8 мм. Потрібно також зауважити, що помилки координат кожного пункту мережі мають близькі значення. Це свідчить про те, що еліпси помилок положення пунктів є близькими до кола. Отже, точність положення пунктів у досліджуваній мережі трилатерації практично не залежить від азимута.

Точність положення пунктів GPS мережі є найвищою. СКП положення пунктів цієї мережі є меншими від 20 мм.

Для порівняння економічних показників методів створення ДГМ розраховано працевитрати та кошторисну вартість створення досліджуваної мережі трьома методами. Ці розрахунки виконано на підставі [2]. Такі роботи, як проектування мережі, рекогностування пунктів, обстеження стану вихідних пунктів, виготовлення та закладання центрів знаків, врівноваження мережі та складання звіту виконуються за кожним методом створення ДГМ. Відмінність полягає тільки у величині, яку вимірюють при її створенні, а саме в мережі триангуляції вимірюють кути, в мережі трилатерації – довжини сторін, а в GPS мережі на всіх пунктах виконують супутникові спостереження. Тривалість цих вимірювань та їхня вартість є різною. Такі види робіт, як виготовлення та встановлення геодезичних знаків, які були потрібні для наземних методів, до уваги не брались, бо тепер їх не виконують. Під час обчислення кошторисної вартості створення мережі різними методами враховувався Наказ Міністерства навколишнього природного середовища України від 16.07.2007 р. № 330 “Про затвердження індексів до кошторисної вартості топографо-геодезичних та картографічних робіт”.

У табл. 4 подано працевитрати та кошторисну вартість створення мережі двома наземними та супутниковим методом. Крім цього, наведено працевитрати на вимірювання кутів мережі, її сторін та на супутникові спостереження.

Економічні параметри створення мережі наземними та супутниковим методами

Показник	Триангуляція	Трилатерація	GPS-мережа
Загальна кількість бригадо-днів	101,65	108,95	103,07
Кількість бригадо-днів на вимірювання кутів /сторін/, на проведення супутникових спостережень	21,3	28,60	14,16
Вартість створення мережі з урахуванням ПДВ, тис. грн	34,176	59,910	33,371

Працевіткість створення досліджуваної мережі неістотно залежить від застосованого методу. Найменшою вона є у разі використання методу триангуляції. При застосуванні супутникового методу вона збільшується тільки на 1,4 %, а при застосуванні методу трилатерації – на 7,2 %. Але у разі використання супутникового методу на виконання супутникових спостережень потрібно найменше бригадо-днів, тобто за цього методу тривалість польових робіт є найменшою, а працевіткість камеральних робіт є тільки на 7 % більшою. Найтривалішими є вимірювання довжин сторін мережі. На лінійні вимірювання потрібно затратити в 2 рази більше бригадо-днів, а на кутові вимірювання – в 1,5 рази більше ніж на супутникові спостереження.

Відмінності в кошторисній ціні створення мережі різними методами викликані переважно відмінностями працевіткості вимірювальних робіт. Тому найменшою є кошторисна вартість створення мережі супутниковим методом. Практично такою самою є вартість мережі, створеної методом триангуляції. А вартість створення мережі методом трилатерації є 1, 8 рази більшою.

Отже, за економічними показниками супутниковий та триангуляційний методи створення ДГМ є близькими, хоч обсяг польових робіт за методом триангуляції є більшим. Економічні показники створення мережі методом трилатерації є найгіршими.

Висновки

Виконання дослідження показало, що оптимальним методом створення ДГМ є супутниковий метод. Він забезпечує найвищу точність визначення положення пунктів мережі і до того ж кошторисна вартість створення GPS-мережі є найнижчою. За точністю положення пунктів на другому місці є метод трилатерації, але працевитрати на створення, обсяг польових робіт та кошторисна вартість мережі трилатерації є найбільшими. Незадовільну точність для ДГМ 2 класу отримано для положення трьох пунктів мережі, створеної методом триангуляції.

Література

1. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И. Практикум по теории обработки геодезических измерений. – М.:Недра, 1984. – 352 с.
2. Збірник укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи / К.: Укргеодезкартографія, 2003. – 158 с.
3. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы) / Н.В. Яковлев, Н.А. Беспалов, В.П. Глузов и др. / Под ред. Н.В. Яковлева. – М.:Недра, 1982. – 368 с.
4. Основи математичного опрацювання геодезичних вимірювань / П.М. Зазуляк, В.І. Гавриш, Е.М. Євсєєва, М.Д. Йосипчук. – Львів: Растр-7, 2007. – 408 с.
5. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України (затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 р. № 844) Київ, ГУГКК – 18 с.
6. Спутниковые и традиционные геодезические измерения / В.Н. Баландин, М.Я. Брынь, В.Ф. Хабаров, А.В. Юськевич. – С. Пб.: ФГУП “Аэрогеодезия”, 2003. – 122 с.
7. Jagielski A. Geodezja II – Kraków: P.w. “Stabil”, 2003. – 452 s.

Порівняння методів створення державної геодезичної мережі Я. Костецька, С. Петров, О. Фролов

На конкретній мережі виконано порівняння трьох методів створення державних мереж, по-

будованих з трикутників: два наземні – триангуляція і трилатерація, та супутниковий. Порівнювалась точність положення пунктів, працевитрати та кошторисна вартість. Супутниковий метод забезпечує найкращі показники. За точністю пунктів на другому місці є метод трилатерації. Точність положення деяких пунктів у мережі триангуляції не задовольняє вимог [5]. Найгіршими є економічні показники методу трилатерації.

Сравнение методов создания государственной геодезической сети Я. Костецкая, С. Петров, О. Фролов

На конкретной геодезической сети выполнено сравнение трёх методов создания государственных сетей, состоящих из треугольников: два наземных метода – триангуляция и трилатерация, и спутниковый метод. Сравнивалась точность положения пунктов, трудозатраты и сметная стоимость. Спутниковый метод имеет наилучшие показатели. За точностью пунктов на втором месте метод трилатерации. Точность положения некоторых пунктов в сети триангуляции ниже требований [5]. Самые плохие экономические показатели метода трилатерации.

Comparison of methods of creation of the state geodetic network J. Kostetska, S. Petrov, O. Frolov

On a concrete geodetic network comparison on a concrete network of three methods of consciousness of the state networks is executed: two ground methods – a triangulation and trilateration and a satellite method. Accuracy of position of points, expenditures of labour and budget cost was compared. The satellite method has the best parameters. Behind accuracy of points on the second place a method trilateration. Accuracy of position of some points in a network of a triangulation is lower than requirements [5]. The most bad economic parameters of a method trilateration.