

УДК 621.698.98.629.783

Виконано аналіз точності GNSS систем. Описано нову методіку підвищення точності GPS/GNSS приймача та метод зрівнювання геодезичної мережі. Виконано зрівнювання нерівноточної мережі на основі каркасної GPS/GNSS мережі. Представлені результати та висновки

Ключові слова: GPS/GNSS, точність, геодезична мережа

Выполнен анализ точности GNSS систем. Описана новая методика повышения точности GPS/GNSS приемника и метод уравнивания геодезической сети. Выполнено уравнивание неравноточной сети на основе каркасной GPS/GNSS сети. Представлены результаты и выводы

Ключевые слова: GPS/GNSS, точность, геодезическая сеть

The analysis of the accuracy of GNSS systems was done. A new method of increasing the accuracy of GPS/GNSS receiver and the method of adjustment of the geodetic network were described. Equalization of unequal network based on frame GPS/GNSS network was done. The results and conclusions are provided

Key words: GPS / GNSS, accuracy , geodetic network

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДВИЩЕННЯ GPS /GNSS ТОЧНОСТІ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

А.В. Поляков

Кафедра геоінформаційних систем та геодезії
Харківська національна академія міського господарства
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, Україна, 61002
Контактний тел: 097-548-79-50
E-mail: polyakovav2010@mail.ru

1. Вступ

Державні геодезичні мережі України були створені в 80-90 рр. XX ст. До теперішнього часу всі ці мережі морально застаріли і виникла необхідність їх модернізації.

У даній роботі розглядається геодезична мережа 2 класу Ольгіївсько-Макиївської площі з точністю 20 см. На даний момент ця мережа як по необхідній точності, так і за методами її створення значно застаріла і потребує модернізації. Тому доцільно розглянути питання поліпшення геодезичних мереж за допомогою сучасних GNSS технологій.

Із зростанням сонячної геомагнітної активності останнім часом, виникає проблема якості GPS вимірювань і надійності зйомки в режимі RTK. Тому постає необхідність розробки комплексу заходів по підвищенню точності супутникових приймачів.

2. Постановка завдання

Мета роботи – підвищити точність супутникових вимірів та визначити оптимальну кількість GPS/GNSS пунктів необхідних для модернізації опорної мережі за допомогою методики GNSS зйомки в режимі RTK завдяки сумісному зрівнюванню мереж.

Задачі:

- розробка та тестування нової методіки контролю RTK точності супутникових вимірів;
- вибір обладнання та побудова нової GPS/GNSS мережі;
- збір даних для зрівнювання геодезичної мережі;
- зрівнювання старої геодезичної мережі на основі нової GPS/GNSS мережі з перекриттям;
- побудова порівняльних таблиць і графіка точності зрівнювання.

3. Методика підвищення точності в RTK режимі приймачем Trimble R8

Раніше Trimble рекомендував скасовувати вимірювання на точці, якщо приймач втратив ініціалізацію в складних умовах. У цьому випадку рекомендувалося ініціалізувати GNSS приймач у відкритій області, потім спробувати знову провести виміри і повернутися назад у відкрите місце. Оскільки приймач зберігав ініціалізацію протягом цього процесу - і приблизно 15 хвилин після вимірювання - то можна було повністю бути певним в точності вимірювань.

У новій методиці RTK зйомки приймач може втратити ініціалізацію під кронами дерев, а потім швидко відновити її. Це вказує на те, що в цих умовах треба

бути особливо уважним при записі точок. У новій методиці зйомки не потрібно скасовувати вимірювання на точці, якщо ініціалізація була втрачена. Нижче наведена ілюстрація рекомендованої методики RTK зйомки - рис. 1. Проте необхідно виконати переініціалізацію на підозрілій точці не сходячи з місця.

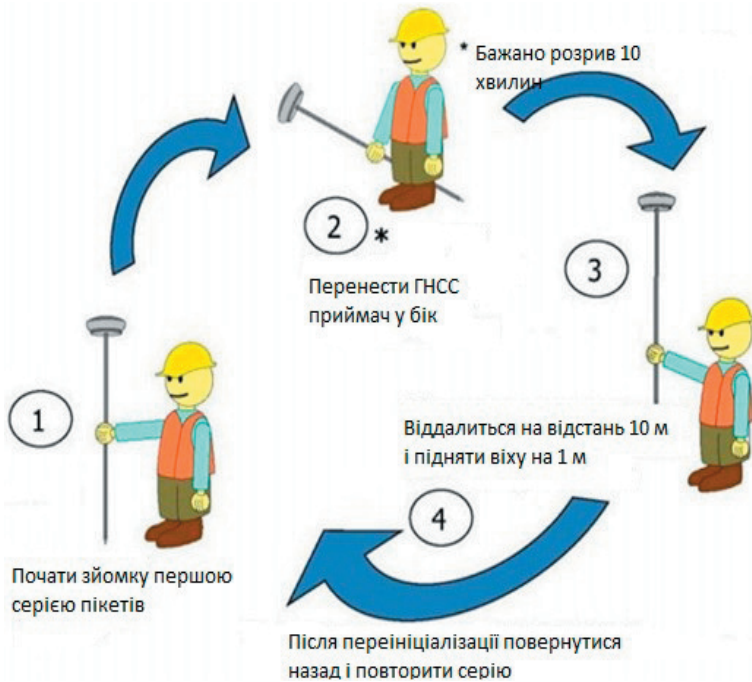


Рис. 1. Функціональна схема GNSS зйомки

Дана методика, опублікована в бакалаврській роботі Полякова А. В. та розкрита на захисті в НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» в 2010 році.

4. Метод зрівнювання використаний при модернізації мережі

Зрівнювання мережі виконується за допомогою аналізу методом найменших квадратів, спосіб застосовується в програмному забезпеченні Trimble Business Center.

Цілі зрівнювання:

- Оцінити і виключити випадкові помилки;
- При наявності надлишкових даних забезпечити одиначне рішення;
- Мінімізувати поправки, внесені в виміру;
- Виявити грубі і великі помилки;
- Отримати інформацію для аналізу, включаючи оцінки точності.

Після успішного виконання зрівнювання методом найменших квадратів ви можете визначити наступне:

- Відсутність у вимірах і опорних точках грубих і систематичних помилок;
- Решта помилки малі, є випадковими і описуються розподілом.

Зрівнювання методом найменших квадратів забезпечує належне замикання положень і оцінку відтворюваності, тобто гарантує надійність поточного та

майбутніх вимірів. Для успішного завершення зрівнювання методом найменших квадратів мережа повинна відповідати таким критеріям:

- Мережа повинна бути замкнутою геометрично і математично;
- Сума зважених квадратів нев'язок повинна бути мінімізована.

5. Зрівнювання нерівноточної мережі

Для модернізації нерівноточної мережі створена нова опорна мережа 2 класу за допомогою GPS/GNSS вимірів. Нова мережа створювалася з перекриттям таким чином, щоб деякі з нових пунктів опорної мережі збігалися з опорними пунктами старої мережі. Були поставлені та вирішені наступні завдання:

- зрівнювання нової мережі, створеної GPS/GNSS спостереженнями;
- перезрівнювання старої мережі з використанням спільних GPS/GNSS пунктів, як твердих;

Після зрівнювання середня точність нової GPS/GNSS мережі склала в середньому 2 см. Звідси випливає, що нову мережу можна використовувати в якості жорсткого каркаса. Але головною метою даного дослідження є модернізація старої мережі на основі нової більш точної GPS/GNSS мережі.

Стара мережа складається з 15 пунктів, а каркасна GPS/GNSS з 9 пунктів.

Таблиця 1

Середньо квадратичні помилки зрівняних пунктів у кожній з комбінацій

Пункт	m1,м	m2,м	m3,м	m4,м	m5,м	m6,м
1008	0.18	0.15	0.12	0.12	0.12	0.11
1009	0.14	0.11	0.09	0.09	0.09	0.08
1070	0.16	0.12	0.10	0.10	0.10	0.09
Tekuch	0.17	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12
1071	0.18	0.13	0.11	0.11	0.11	0.11
1004	0.16	0.12	0.09	0.08	0.08	0.08
1072	0.15	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10
1005	0.18	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09
1002	0.16	0.11	0.10	0.08	0.08	0.08
1031	0.14	0.12	0.12	0.09	0.09	0.09
1033	0.12	0.11	0.11	0.11	0.08	0.08
1022	0.13	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
1027	0.18	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09

При зрівнюванні кількість використовуваних каркасних GPS пунктів поступово буде збільшуватися. Метою такого збільшення пунктів є визначення опти-

мальної кількості опорних GPS пунктів для поліпшення старої мережі. Спочатку беремо 4 каркасних пункту таким чином, щоб вони були розташовані по краях старої мережі. Потім поступово збільшуємо кількість каркасних пунктів на 1. Виходячи зі сказаного вище, буде 6 різних комбінацій при спільному зрівнюванні (табл. 2). У кожному з них виконувався аналіз отриманих результатів, а потім порівнювалася точність отриманих результатів спільного зрівнювання мереж з точностями старої і нової GPS мережі.

Таблиця 2

Перелік пунктів різних комбінацій

№	Номера пунктів які не беруть участі в зрівнюванні
1	(1069,1045, 1011, 1019)
2	(1069,1045, 1011, 1019, Base_2)
3	(1069,1045, 1011, 1019, Base_2, Base_1)
4	(1069,1045, 1011, 1019, Base_2, Base_1, 1001)
5	(1069,1045, 1011, 1019, Base_2, Base_1, 1001, 1003)
6	(1069,1045, 1011, 1019, Base_2, Base_1, 1001, 1003, 1028)

Таблиця 3

Середні квадратичні похибки для всіх 6-ти комбінацій

№ комбінації	Mj, м
1	0,16
2	0,12
3	0,10
4	0,10
5	0,09
6	0,09

В табл. 2 в дужках у вказані номери спільних пунктів старої мережі і GPS/ GNSS мережі. Точність нової каркасною GPS мережі на порядок вище старої мережі. Це означає, що у нас немає необхідності зрівнювати окремо стару і нову мережі в кожній з 6-ти різних комбінацій. Буде виконано тільки спільне зрівнювання

старої і нової каркасною мереж. Результати усереднених середніх квадратичних помилок представлені в табл. 3.

Отримані результати для наочності представимо у вигляді графіка (рис. 2).

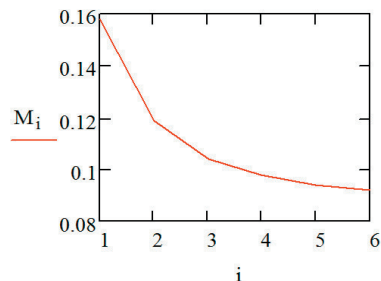


Рис. 2. Співвідношення точності зрівнювання щодо номера комбінації, де: i - номер комбінації; Mi - середньоквадратична помилка, м.

На рис. 2 наочно видно, що після 3 комбінації точність стабілізується і становить в середньому 10 см.

6. Висновки

1. Проведене дослідження має наукове значення. Воно полягає в тому, що точність опорних мереж (на прикладі опорної мережі Ольгіївська-Макиївської площі) при їх поліпшенні має деяке граничне значення і, отже, граничне число опорних пунктів GPS мережі. У нашому випадку при наявності 9 пунктів GPS мережі досить мати 6 пунктів, щоб отримати граничну точність 0,10 м. Це наочно видно з рис. 3.

2. Виконане дослідження і розрахунки показують, що при середньому однаковій відстані між пунктами необхідно від спостерігати 30% GPS пунктів загальної кількості старої мережі. Опорні каркасні пункти повинні від спостерігатися з умовою, що вони будуть рівномірно розподілені по всій площі старої мережі.

3. Виконане дослідження дає методику, алгоритм і програми для поліпшення інших мереж України другого, третього та четвертого класів, з метою визначення оптимальної кількості GPS пунктів. Це може дати значний економічний ефект при виконанні вищевказаних робіт.

Література

1. Маркузе Ю.І. Геодезія Обчислення і врівноваження геодезичних мереж : навчальний посібник [Текст] / Ю.І. Маркузе, О.Г. Бойко, В.В. Голубев – М. : Картгеоцентр, 1994.
2. Маркузе Ю.І. Алгоритми для вирівнювання геодезичних мереж на EOM [Текст] / Ю.І. Маркузе. – М. : Недра, 1989.
3. Інформаційно-вимірювальна GNSS система та мережі на VRS технологія забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок у Закарпатті та Чернігівщині : Заключний звіт про виконання науковотехнічного проекту [Текст] / ГАО НАНУ, 4 додатки грудень 2007.—185 с.
4. Багатофункціональний програмний інструментарій обробки і аналізу GPS/GNSS спостережень : Збірник матеріалів XIV Міжнародної конференції з інтегрованим навігаційним системам, 28-30 травня 2007. м. С. Петербург [Текст] / А.А. Жаліло, Д.А. Шелковенко.–ОСТАВА.–С. 319-321.
5. Експериментальна оцінка точності GPS навігації та геодезичної зйомки в м. Києві з використанням диференціальних VBS, HP-корекцій [Текст] / В.П. Бабак, А.А. Жаліло, В.М. Кондратюк, В.В. Конін, В.Г. Сушко, В.П. Харченко, Д.А. Шелковенко, В.М. Шокало : «Національний авіаційний університет», «Харківський національний університет радіоелектроніки », 2007.
6. Trimble Business Center : Help, Network Adjustment, 2008.