

Ф.Д. ЗАБЛОЦЬКИЙ, Р.Т. ДЕМУС

Національний університет "Львівська політехніка"

СЕЗОННІ ЗМІНИ ПОХИБОК ДОВЖИН ВЕКТОРІВ МЕРЕЖІ EUREF

© Заблоцький Ф.Д., Демус Р.Т., 2003

Приведены результаты исследований распределения ошибок длин векторов, полученных с GPS измерений перманентных станций в разные периоды года.

In this paper results of vector lengths error distribution are given, which was obtained from GPS measurements of permanent stations in different seasons.

Постановка проблеми в загальному вигляді

В Україні на теперішній час повноцінно діють п'ять перманентних GPS станцій, які входять до Європейської мережі EUREF. Це станції – GLSV (Голосієво, м. Київ, 1997 р.), UZHL (м. Ужгород, 1999 р.), POLV (м. Полтава, 2001 р.), SULP (м. Львів, 2001 р.) і станція MIKL (м. Миколаїв, 2002 р.). У дужках наведені місцерозташування та рік початку роботи. Станом на 1208 GPS тиждень (2.03.2003 – 8.03.2003 рр.) мережа EUREF налічувала 128 перманентних станцій. На основі обробки та врівноваження мережі на сайтах INTERNET публікуються результати тижневих розв'язків.

Ці файли створені за допомогою програми ADDNEQ, а сама обробка мережі проведена програмою BERNESE версії 4.2. У SINEX файлі міститься різноманітна інформація:

- наближені координати пунктів спостережень (перманентних станцій);
- про початок та кінець спостережень на кожному з пунктів;
- типи використовуваних GPS приймачів та антен;
- положення фазового центру;
- статистичні параметри обчислень;
- отримані координати пунктів та їх похибки;
- коваріаційна матриця вимірювань тощо.

Вищезгадана інформація є величезним матеріалом для різноманітних досліджень. Зокрема, вивчення впливу атмосфери на GPS вимірювання та геодинаміки регіону, який охоплює мережа EUREF.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Враховуючи останні дослідження багатьох авторів над змінами величин помилок GPS вимірювань у денний та нічний періоди часу, цілком можливо, що тенденція до збільшення середніх квадратичних помилок визначення векторів з тижневих розв'язків у літній пору, спостерігається через коротшу тривалість ночей. І навпаки, збільшення тривалості ночі взимку, можливо, приводить до зменшення помилок визначення векторів.

Постановка задачі

З метою досліджень нами було взято 70 SINEX файлів тижневих розв'язків проведеної обробки Європейської мережі EUREF, із яких вибрана інформація про отримані координати пунктів та їх похибки. На основі цих вихідних даних встановлювався характер розподілу похибок отриманих довжин векторів.

Виклад матеріалу

Як відомо, довжина просторового вектора обчислюється за формулою

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}. \quad (1)$$

Похиби горизонтальної віддалі знайдемо за такою відомою формулою:

$$m_S^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 \cdot m_{x_i}^2. \quad (2)$$

Для просторового вектора відповідно матимемо вираз

$$m_S^2 = \left(\frac{\partial S}{\partial \Delta X} \right)^2 m_{\Delta X}^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial \Delta Y} \right)^2 m_{\Delta Y}^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial \Delta Z} \right)^2 m_{\Delta Z}^2. \quad (3)$$

Часткові похідні матимуть вигляд

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial \Delta X} &= \frac{\Delta X}{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}}; \\ \frac{\partial S}{\partial \Delta Y} &= \frac{\Delta Y}{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}}; \\ \frac{\partial S}{\partial \Delta Z} &= \frac{\Delta Z}{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Похиби приростів координат записується

$$m_{\Delta X}^2 = m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2, \quad m_{\Delta Y}^2 = m_{y_1}^2 + m_{y_2}^2, \quad m_{\Delta Z}^2 = m_{z_1}^2 + m_{z_2}^2. \quad (5)$$

Середня квадратична похибка просторового вектора з урахуванням (4) буде визначатись за такою формулою:

$$m_s = \frac{1}{S} \sqrt{\Delta X^2(m_{X_1}^2 + m_{X_2}^2) + \Delta Y^2(m_{Y_1}^2 + m_{Y_2}^2) + \Delta Z^2(m_{Z_1}^2 + m_{Z_2}^2)}. \quad (5)$$

Для досліджень нами вибрано три вектори. Два з них SULP–UZHL та POLV–GLSV сполучають Українські перманентні станції (Львів–Ужгород, Полтава–Голосієво) і один вектор за межами України METS–RIGA, який знаходиться в північніших широтах.

Наближені координати пунктів наведені в таблиці

Наближені координати пунктів

Назва пункту	B	L	H, м
SULP	49° 50' 08"	24° 00' 52"	370
UZHL	48 37 55	22 17 51	232
GLSV	50 21 51	30 29 48	226
POLV	49 36 09	34 32 34	178
METS	60 13 03	24 23 43	95
RIGA	56 56 55	24 03 32	35

За формулою (1) знайдено довжини просторових векторів SULP–UZHL, POLV–GLSV та METS–RIGA. Причому для 1142, 1143, 1173, 1174 та 1179-го GPS тижнів значення вектора SULP–UZHL не були обчислені через відсутність розв'язків на пункт Ужгород.

За формулою (5) розраховані середні квадратичні помилки визначення кожного з векторів протягом 70 GPS тижнів. Нижче на рис. 1, 2 та 3 показані їх графіки.

Зміна середніх квадратичних похибок довжини лінії SULP-UZHL
протягом 70 GPS тижнів

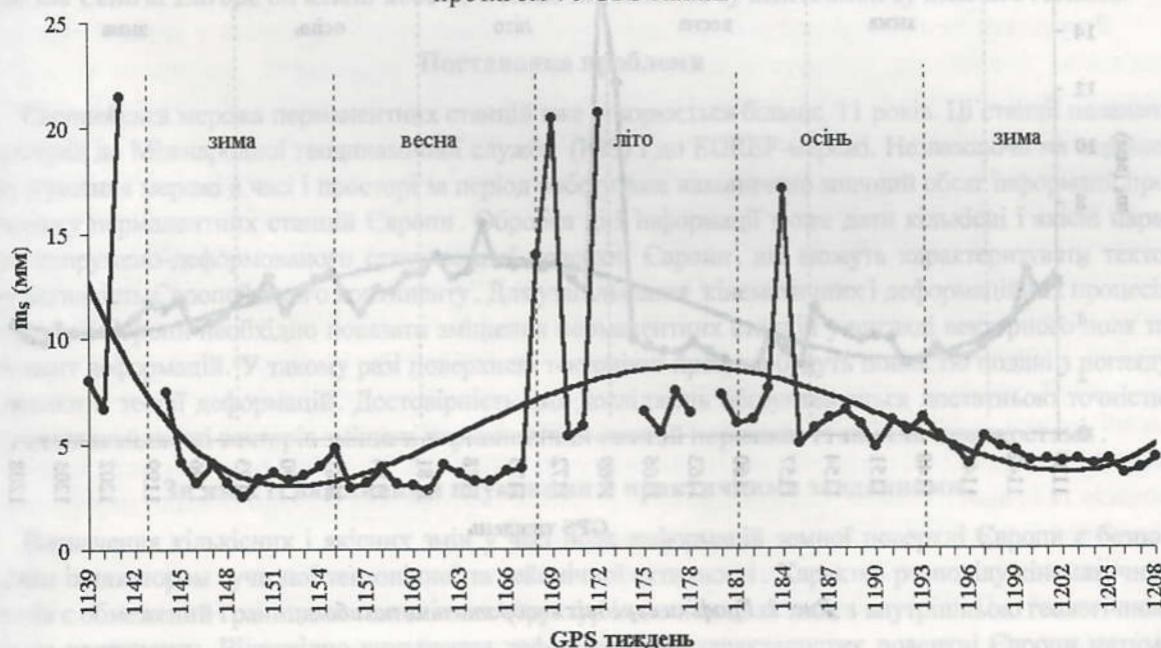


Рис. 1. Графік середніх квадратичних похибок

Зміна середніх квадратичних похибок довжини лінії POLV-GLSV протягом 70 GPS тижнів

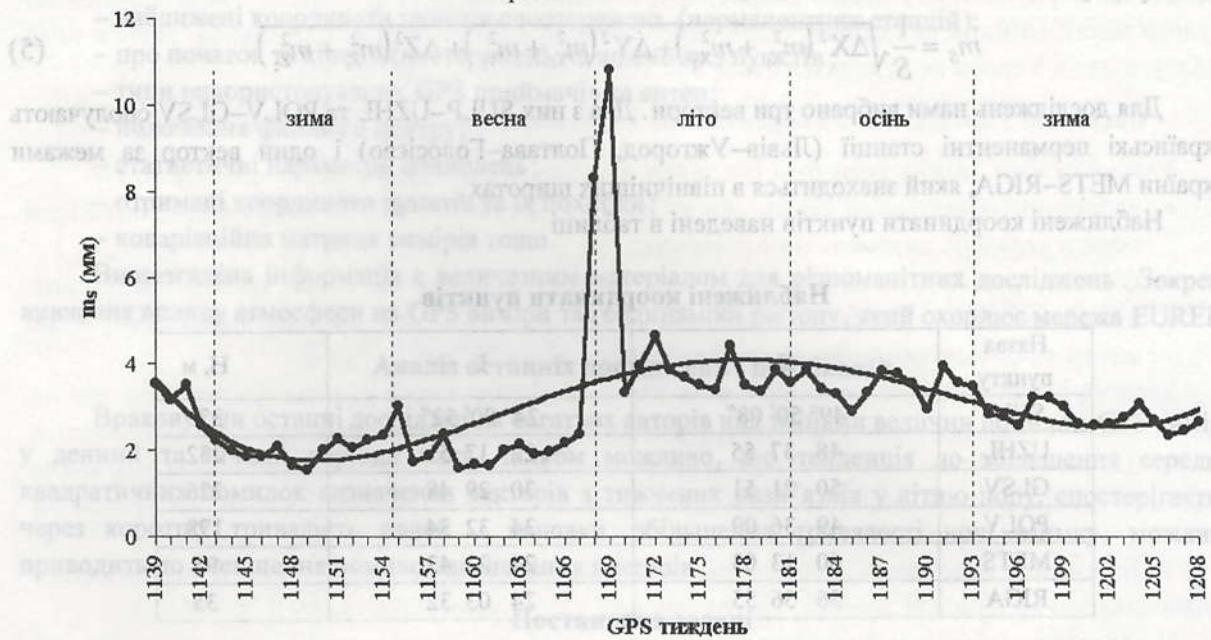


Рис. 2. Графіки середніх квадратичних похибок

Зміна середніх квадратичних похибок довжини лінії METS-RIGA протягом 70 GPS тижнів

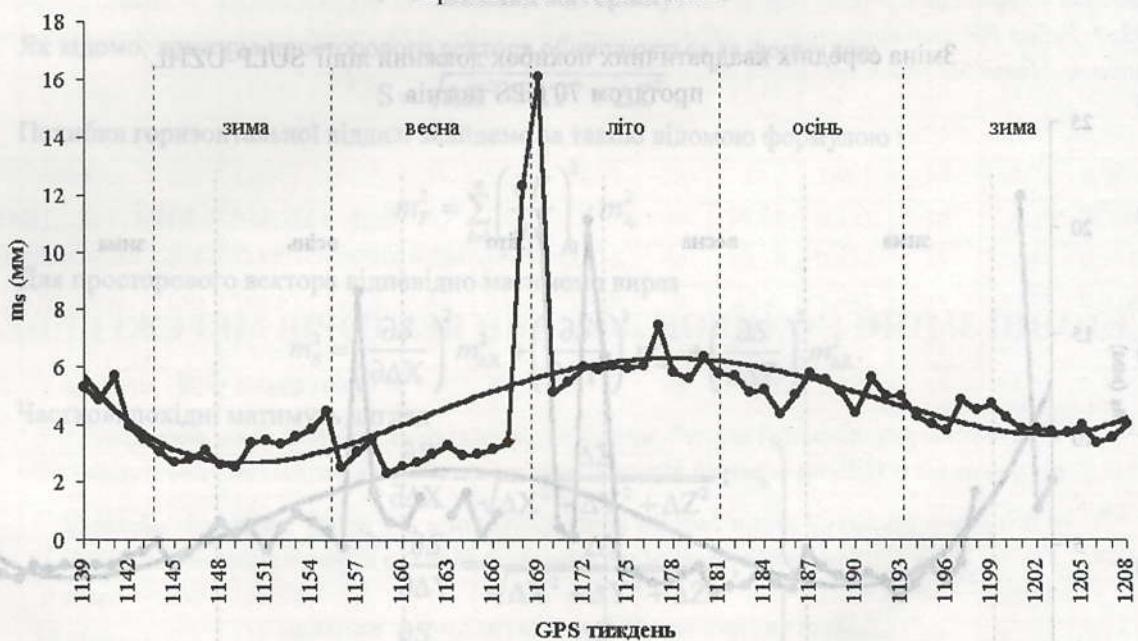


Рис. 3. Графіки середніх квадратичних похибок

На графіки похибок були накладені трендові лінії у вигляді поліномів четвертого порядку, а також пори року згідно з GPS календарем, який попередньо було вибрано з мережі INTERNET.

Висновки

Як видно з рисунків трендові лінії для всіх трьох векторів мають ідентичний вигляд . Найбільші значення похибок ми маємо влітку, а найменші взимку. Навесні та восени спостерігається відповідно збільшення та зменшення середніх квадратичних похибок визначення довжин векторів .

Коли побудувати графік зміни самих довжин векторів, то для лінії SULP–UZHL він ідентичний зміні її середніх квадратичних похибок. Проте для ліній POLV–GLSV та METS–RIGA такої закономірності не спостерігається .

Для обґрунтованих висновків варто було б поспостерігати як буде поводитись ця зміна похибок на тривалішому відрізку часу і на більшій кількості векторів . Для цього необхідно взяти перманентні станції, де спостереження ведуть не менше ніж кілька років .