

## ДВА МЕТОДИ ПЕРЕВЕДЕННЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ОДНІЄЇ СТАНЦІЇ НА ІНШУ

Пап В. О., Медведський М. М.

Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України  
03680, м. Київ, вул. Академіка Заболотного, 27  
e-mails: vic@mao.kiev.ua, medved@mao.kiev.ua

### ВСТУП

Під час обробки результатів спостережень лазерної локації досить складно обробляти результати із двох близько розташованих станцій, які використовують одну методику спостережень. Тому постає питання переведення спостережень однієї станції на іншу. В даній роботі показано можливі шляхи вирішення цього питання двома методами: аналітичним і умовно названим диференціальним.

### АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД

Розглянемо трикутник у вершинах якого містяться дві станції  $A$  і  $B$  та супутник  $S$  (рис. 1).

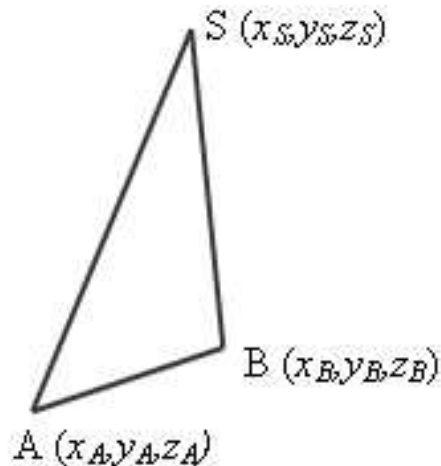


Рис. 1. Схематичне розміщення станцій

Для розв'язання цього трикутника нам необхідно, щоб всі координати були в одній системі. Оскільки станції працюють, як правило, з топоцентричними координатами, тобто координати супутника задані в топоцентричній системі, то перейдемо до топоцентричних координат. В центр координат помістимо станцію  $A$  і знайдемо топоцентричні координати станції  $B$ . Для цього скористаємося геоцентричними координатами обох станцій та обчислимо відстань між станціями. Оскільки відстань інваріантна в усіх системах відліку, то її одразу ж можна обчислити. Маючи широту та довготу станції  $A$ , можна знайти топоцентричні азимут та висоту станції  $B$ . Нехай матриця

$$X_r = \begin{pmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \\ Z_B - Z_A \end{pmatrix},$$

де  $X_A, Y_A, Z_A$  – геоцентричні координати станції  $A$ ;  $X_B, Y_B, Z_B$  – геоцентричні координати станції  $B$ . Матриці повороту

$$T_1 = \begin{pmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, T_2 = \begin{pmatrix} \sin \lambda & 0 & -\cos \lambda \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \lambda & 0 & \sin \lambda \end{pmatrix}, T_3 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

де  $\phi$  та  $\lambda$  – довгота та широта станції  $A$ . Тоді топоцентричні координати станції  $B$  можна знайти за допомогою наступних дій:

$$M = T_1 \times X, N = T_2 \times M, X_T = \begin{pmatrix} X_{BT} \\ Y_{BT} \\ Z_{BT} \end{pmatrix} = T_3 \times N.$$

Маючи топоцентричні координати станції  $B$  та супутника  $S$ , легко знайти шукану відстань  $SB$ , використовуючи звичайну формулу для визначення довжини відрізка:

$$D = \sqrt{(X_{ST} - X_{BT})^2 + (Y_{ST} - Y_{BT})^2 + (Z_{ST} - Z_{BT})^2},$$

де  $X_{ST}, Y_{ST}, Z_{ST}$  – топоцентричні прямокутні координати супутника;  $X_{BT}, Y_{BT}, Z_{BT}$  – топоцентричні координати станції  $B$ .

### ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ МЕТОД

Для переведення спостережень однієї станції на іншу можна скористатися іншим підходом, який базується на розрахунковій ефемериді. Для всього проходження супутника формується файл різниць ефемерид двох станцій. Припустимо, що нам потрібно перевести спостереження станції  $B$  на станцію  $A$ . Для цього:

- інтерполюємо ефемериду станції  $A$  на моменти спостережень станції  $B$ ;
- інтерполюємо різницю ефемерид на ці ж моменти;
- додаємо інтерпольовану різницю до ефемериди станції  $A$ .

### АПРОБАЦІЯ МЕТОДІВ

Для перевірки обох методів було взято станції Сімеїз та Кацівелі. Ці станції знаходяться на відстані 2.7 км одна відносно іншої. В аналізі використано спостереження одного проходження супутника Ajisaj за 30 вересня 2007 року. Для станції Кацівелі були надані “сирі” спостереження, а для станції Сімеїз – лише нормальні точки. Нехай нам потрібно перевести спостереження станції Сімеїз (станція  $B$ ) на станцію Кацівелі (станція  $A$ ). На рисунку 2 показано як узгоджуються спостереження станції Кацівелі та спостереження станції Сімеїз, переведені нами диференційним методом. Для наглядності беремо не самі спостереження, а різниці  $O - C$  (спостереження мінус ефемерида).

Для апробації аналітичного методу ми взяли геоцентричні координати та широту й довготу станцій Сімеїз та Кацівелі із сайту IERS. Результати переведення подані на рисунку 3.

### ВИСНОВКИ

Результати попередньої перевірки показали, що обидва методи дозволяють переводити спостереження однієї станції на іншу. Диференційний метод значно простіший з точки зору математики та обчислень.

Дані методи можна використовувати для порівняння відносної якості спостережень (наявність time bias та range bias станцій).

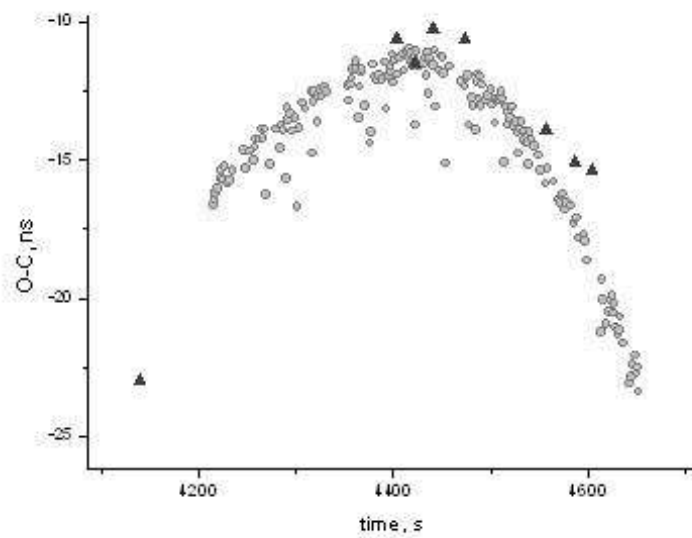


Рис. 2.  $O - C$  переведених затримок станції Сімеїз та станції Кацівелі, отриманих диференційним методом

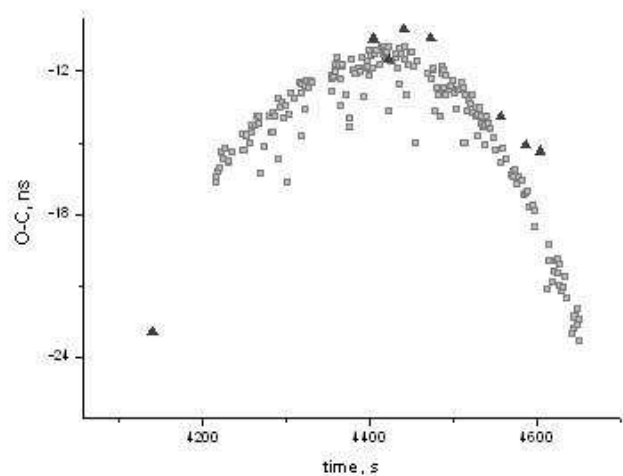


Рис. 3.  $O - C$  переведених затримок станції Сімеїз та станції Кацівелі, отриманих аналітичним методом