

Практичне заняття 6_7. Отримання траєкторії радіолокаційних цілей у географічній системі координат.

Як відомо, траєкторія складається із сукупності точок, у яких послідовно у часі знаходиться повітряний об'єкт (ціль). Точку, в якій знаходиться об'єкт, що рухається, називають його місцезнаходженням. Проекцію траєкторії польоту повітряного об'єкта на земну поверхню називають лінією шляху. Для прив'язки РЛС на місцевості та розв'язанні задач переміщення цілі Ц по певній траєкторії широко використовується географічна система координат (СК), в якій Земля представлена сферою, радіус якої дорівнює $R_z = 6371110$ м.

Прикладом географічної СК є відносна геоцентрична полярна СК (ГЦСК) (рис.1). Центр цієї СК розташований у центрі Землі, а положення об'єктів визначається довготою (L), широтою (B) та висотою (H). Географічною довготою називається двогранний кут між площинами Грінвічського (нульового) та місцевого меридіанів, який відраховується у площині екватора.

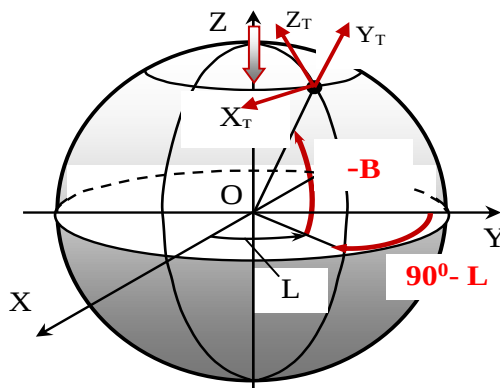


Рис. 1 - Геоцентрична СК

Для опису переміщення об'єкта щодо точки на поверхні Землі використовують топоцентричну місцеву прямокутну систему координат (МПСК) та сферичну СК (рис.2). Центр топоцентричної МПСК розташований на Землі. Вісь Y_T перпендикулярна до площини місцевого горизонту (ПМГ) і проходить через центр Землі. Осі $O_T X_T$ і $O_T Z_T$ розташовані в ПМГ так, щоб утворилася права трійка векторів. Нехай вісь $O_T Z_T$ збігається з напрямком на Північний полюс Землі N. Тоді кут між віссю $O_T Z_T$ та проекцією радіусу - вектора $O_T Ц$ на ПМГ, що відраховується за годинниковою стрілкою, називають азимутом $\beta_{ц}$. Положення цілі у цій СК характеризується координатами $X_{ТЦ}$, $Y_{ТЦ}$, $Z_{ТЦ}$.

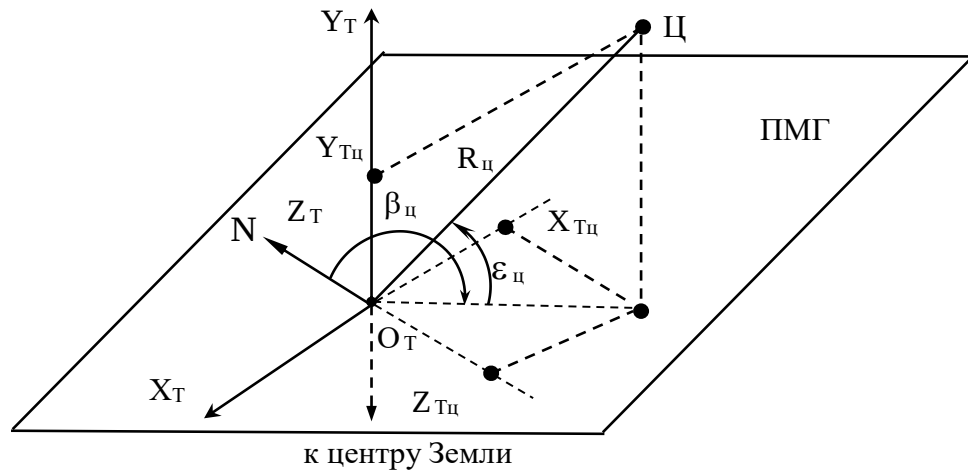


Рис. 2 - Топоцентрична система координат

Топоцентрична сферична СК прив'язується до прямокутної. У ній положення цілі характеризується сферичними координатами $\beta_{\text{ц}}$, $\varepsilon_{\text{ц}}$, $R_{\text{ц}}$. Кут місця $\varepsilon_{\text{ц}}$ визначається як кут між проекцією радіусу - вектора $O_T\text{Ц}$ на ПМГ і радіусом - вектором $O_T\text{Ц}$. Похила дальність визначається як модуль радіусу - вектора $O_T\text{Ц}$. Зв'язок між координатами Ц у прямокутній та сферичній системі координат можна подати у вигляді

$$\left. \begin{aligned} X_{T\text{ц}} &= -R_{\text{ц}} \cos \varepsilon_{\text{ц}} \sin \beta_{\text{ц}} \\ Y_{T\text{ц}} &= R_{\text{ц}} \sin \varepsilon_{\text{ц}} \\ Z_{T\text{ц}} &= R_{\text{ц}} \cos \varepsilon_{\text{ц}} \cos \beta_{\text{ц}} \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Для перерахунку координат цілі у місцеву сферичну систему координат можна використовувати такі очевидні вирази:

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{ц}} &= \sqrt{X_{T\text{ц}}^2 + Y_{T\text{ц}}^2 + Z_{T\text{ц}}^2} \\ \beta_{\text{ц}} &= \arctg(-X_{T\text{ц}} / Z_{T\text{ц}}) \\ \varepsilon_{\text{ц}} &= \arcsin(Y_{T\text{ц}} / R_{\text{ц}}) \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Положення РЛС на Землі в географічній системі координат визначається широтою $B_{\text{рлс}}$ і довготою $L_{\text{рлс}}$, тому положення РЛС в ГЦСК можна визначити таким чином:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= R_3 \cos B_{\text{рлс}} \cos L_{\text{рлс}} \\ Y_1 &= R_3 \cos B_{\text{рлс}} \sin L_{\text{рлс}} \\ Z_1 &= R_3 \sin B_{\text{рлс}} \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Перерахунок координат цілі з ГЦСК в МПСК проведемо, використовуючи послідовно праві обертання навколо осі Z на кут $(90^\circ - L_{PLC})$ і навколо нового положення осі OX на кут $-B_{PLC}$ з подальшим переносом початку ГЦСК в точку $X_1Y_1Z_1$:

$$\begin{bmatrix} X_{T\psi} \\ Y_{T\psi} \\ Z_{T\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin L_{PLC} & -\cos L_{PLC} & 0 \\ \cos B_{PLC} \cos L_{PLC} & \cos B_{PLC} \sin L_{PLC} & \sin B_{PLC} \\ -\cos L_{PLC} \sin B_{PLC} & -\sin B_{PLC} \sin L_{PLC} & \cos B_{PLC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_\psi - X_1 \\ Y_\psi - Y_1 \\ Z_\psi - Z_1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Зворотний перерахунок координат цілі з МПСК в ГЦСК можна провести, використовуючи зворотну матрицю обертань з наступним перенесенням початку МПСК в центр ГЦСК:

$$\begin{bmatrix} X_\psi \\ Y_\psi \\ Z_\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin L_{PLC} & \cos B_{PLC} \cos L_{PLC} & -\cos L_{PLC} \sin B_{PLC} \\ -\cos L_{PLC} & \cos B_{PLC} \sin L_{PLC} & -\sin B_{PLC} \sin L_{PLC} \\ 0 & \sin B_{PLC} & \cos B_{PLC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{T\psi} \\ Y_{T\psi} \\ Z_{T\psi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Переміщення об'єкта в часі вздовж лінії шляху в географічній системі координат можна характеризувати широтою B_ψ і довготою L_ψ , які можна визначити, знаючи положення цілі в ГЦСК, таким чином:

$$\left. \begin{aligned} R_\psi &= \sqrt{X_\psi^2 + Y_\psi^2 + Z_\psi^2} \\ L_\psi &= \arctg(Y_\psi / X_\psi) \\ B_\psi &= \arcsin(Z_\psi / R_\psi) \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Порядок виконання завдання:

1. Виберіть місцезнаходження РЛС, що спостерігала за ціллю на ІКО, бажано на височині під Житомиром, використовуючи ГІС-проект "Google Earth". При відсутності програмного забезпечення, його необхідно встановити, скачавши з інтернету, наприклад, файл «GoogleEarthProWin.exe». Визначте широту B_{PLC} та довготу L_{PLC} положення РЛС у географічній системі координат.
2. Перерахуйте для кожного моменту часу отриманий масив вимірювань координат цілі в МПСК РЛС згідно з (1).
3. Визначте положення РЛС в ГЦСК $X_1Y_1Z_1$ згідно з (3).
4. Перерахуйте масив координат цілі з МПСК у ГЦСК РЛС згідно з (5).
5. Визначте переміщення цілі в часі вздовж лінії шляху в геоцентричній системі координат, розрахувавши широту B_ψ та довготу L_ψ , знаючи положення цілі в ГЦСК згідно (6).

6. Зміну координат цілі при переміщенні вздовж лінії шляху нанесіть у вигляді позначок широти Вц та довготи Lц на карту повітряної обстановки, використовуючи ГІС-проект Google Earth (рис. 3).

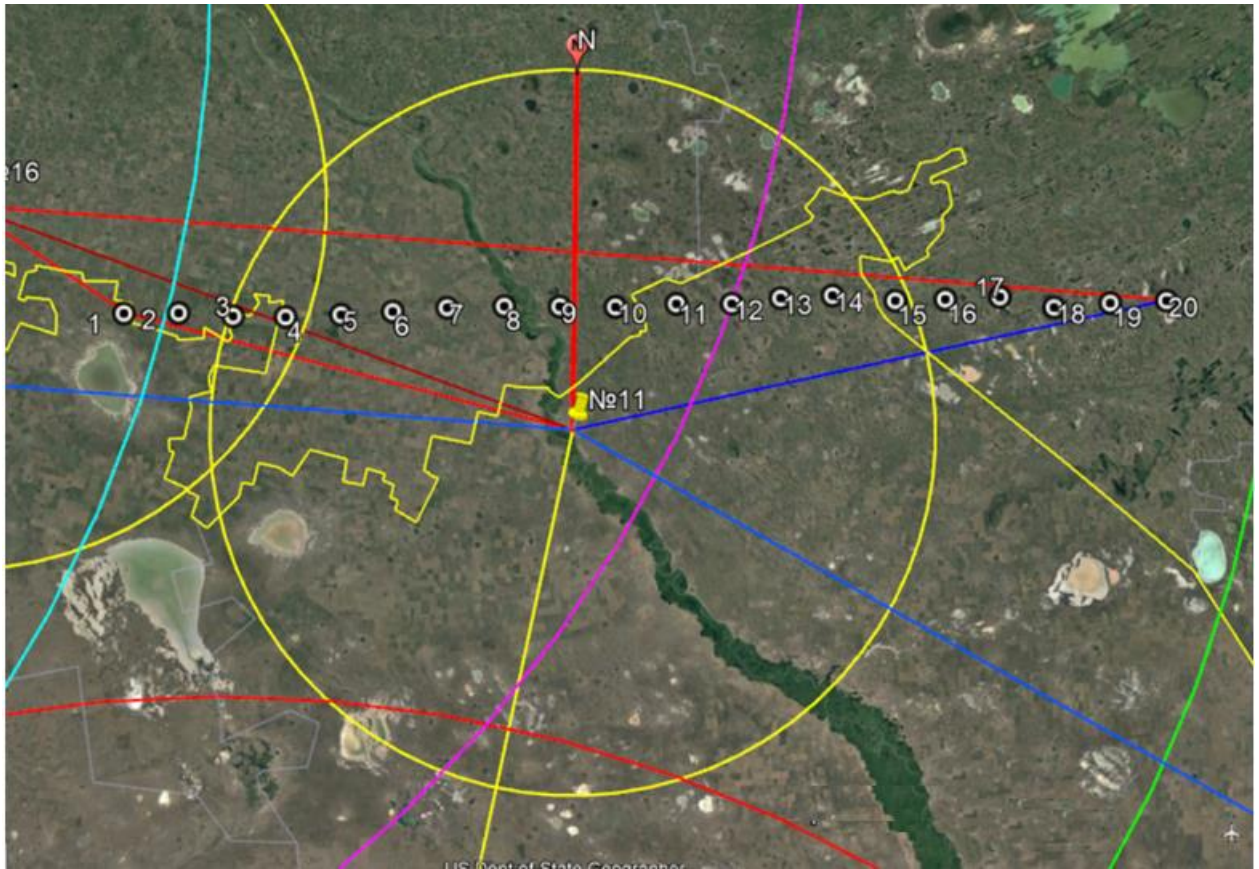


Рис. 3 - Зміна координат цілі №2 у ГЦСК

7. Оформіть звіт по проведеним дослідженням