

XÁC ĐỊNH QUỸ ĐẠO VỆ TINH

BỘ THÔNG SỐ QUỸ ĐẠO



ThS. Trịnh Hoàng Quân

Mục lục

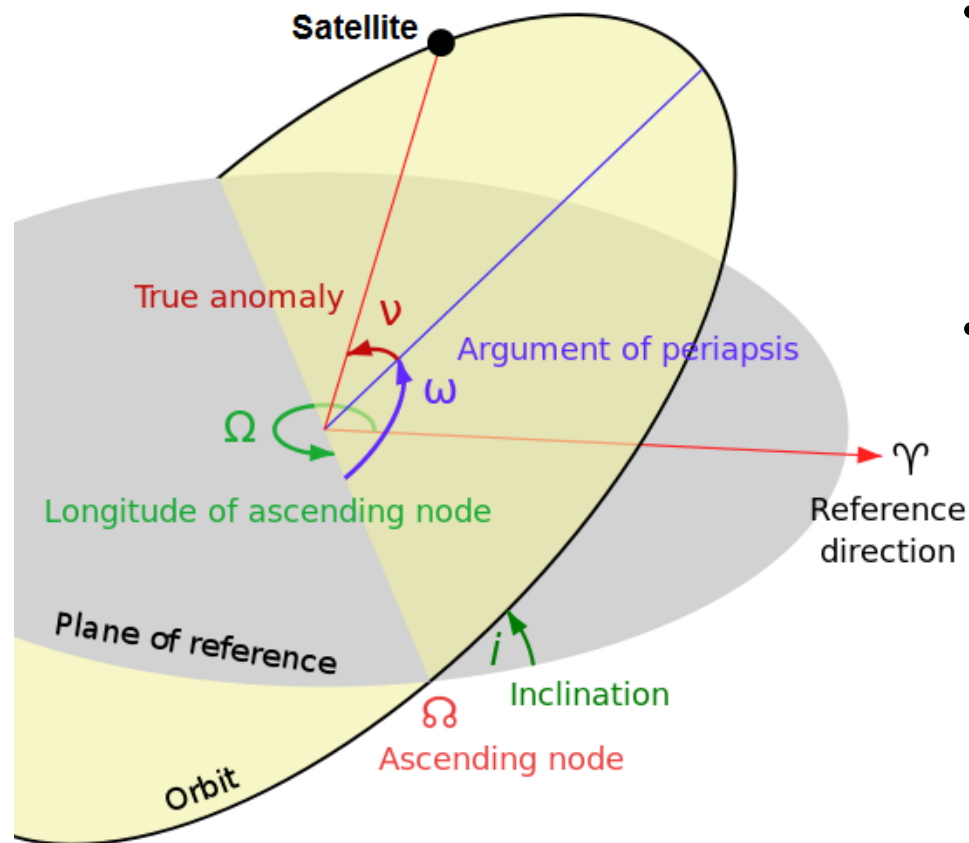


Bộ thông số quỹ đạo



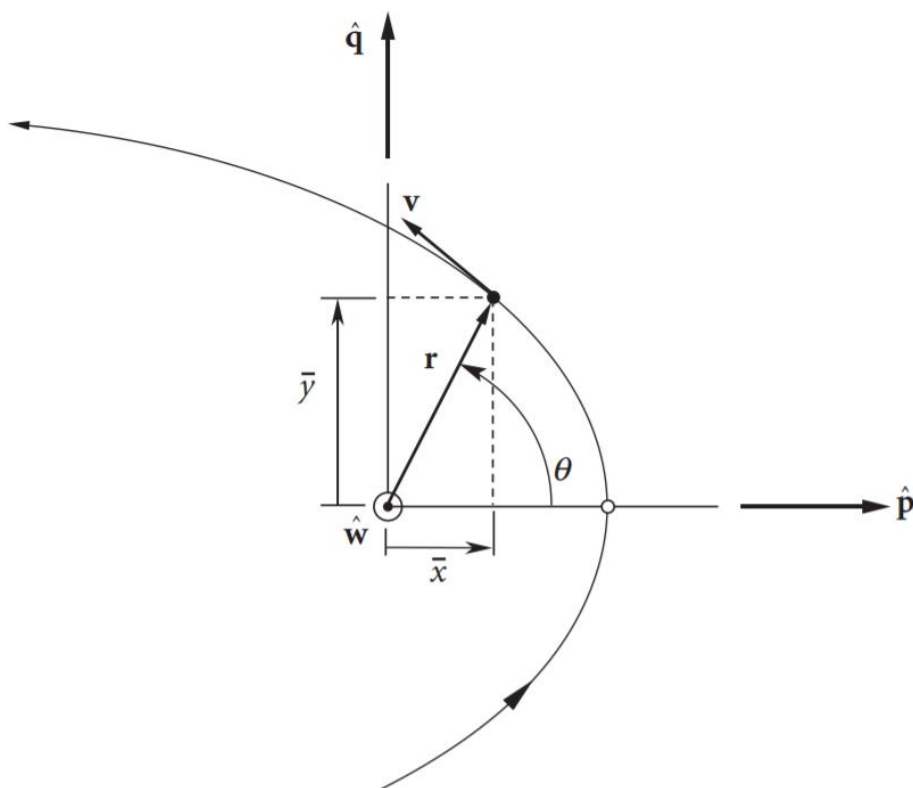
Các bước tính vị trí vệ tinh

Các thành phần quỹ đạo



- Các thành phần quỹ đạo là bộ thông số đặc trưng dùng để xác định một quỹ đạo nào đó
- Sáu thành phần của bộ thông số quỹ đạo:
 - a bán trục lớn
 - e độ lệch tâm
 - i góc nghiêng
 - Ω góc điểm lên
 - ω góc cận điểm
 - M_0 dị thường trung bình tại điểm mốc

Hệ quy chiếu tâm quay quỹ đạo



- Hệ quy chiếu tâm quay quỹ đạo (*perifocal coordinate system*) PQW là hệ quy chiếu có tâm ở tiêu điểm của quỹ đạo
- Hai vector đơn vị **p** và **q** nằm trên mặt phẳng quỹ đạo:
 - **p** có hướng nối từ tâm tới cận điểm của quỹ đạo
 - **q** là vector có được nếu quay vector **p** một góc 90 độ theo chiều chuyển động của vệ tinh
- Vector đơn vị còn lại **w** được chọn theo quy tắc bàn tay phải

Biến đổi giữa ECI và PQW

Ma trận quay biến đổi hệ quy chiếu ECI thành hệ quy chiếu PQW:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_Z(\omega)\mathbf{R}_X(i)\mathbf{R}_Z(\Omega)$$

Phép quay cơ bản

- Ma trận cosine chỉ hướng biểu diễn phép quay cơ bản quanh trục $\hat{\mathbf{i}}_1$ một góc α :

$$\mathbf{R}_1(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ 0 & -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix}$$

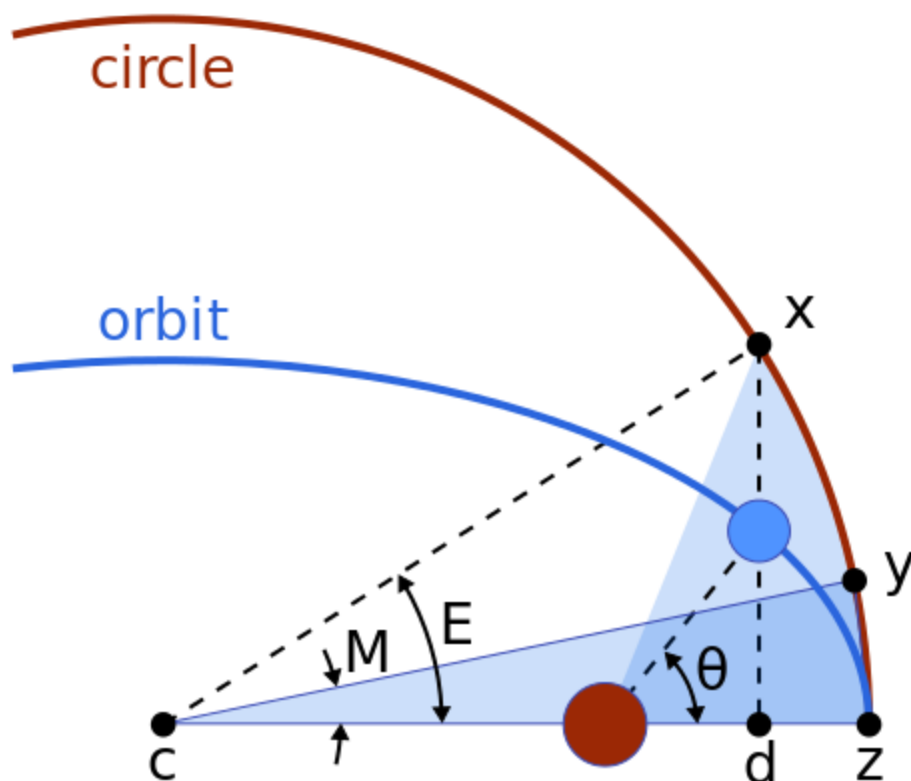
- Ma trận cosine chỉ hướng biểu diễn phép quay cơ bản quanh trục $\hat{\mathbf{i}}_2$ một góc β :

$$\mathbf{R}_2(\beta) = \begin{bmatrix} \cos(\beta) & 0 & -\sin(\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) \end{bmatrix}$$

- Ma trận cosine chỉ hướng biểu diễn phép quay cơ bản quanh trục $\hat{\mathbf{i}}_3$ một góc γ :

$$\mathbf{R}_3(\gamma) = \begin{bmatrix} \cos(\gamma) & \sin(\gamma) & 0 \\ -\sin(\gamma) & \cos(\gamma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dị thường



Ta có:

- Vệ tinh chuyển động quay quanh Trái Đất theo quỹ đạo hình ellipse
- X là điểm cắt giữa đường đi qua vệ tinh vuông góc với trục lớn và đường tròn có bán kính bằng bán trục lớn của quỹ đạo
- Y là điểm chuyển động đều trên đường tròn với chu kỳ bằng chu kỳ của vệ tinh

Định nghĩa các dị thường:

- θ : dị thường thực
- E : dị thường lệch tâm
- M : dị thường trung bình

$$M = \frac{2\pi}{T} t$$

với t là khoảng thời gian để vệ tinh chuyển động từ cận điểm quỹ đạo Z tới vị trí hiện tại

Phương trình Kepler

Được Kepler đưa ra vào năm 1609, đây là phương trình có vai trò vô cùng quan trọng trong lịch sử vật lý và toán học, đặc biệt là cơ học thiên thể.

$$M = E - \varepsilon . \sin E$$

Mục lục



Bộ thông số quỹ đạo



Các bước tính vị trí vệ tinh

Đặt vấn đề

- Giả sử ta đã có sáu thông số quỹ đạo của vệ tinh tại thời điểm mốc $t = t_0$
- Câu hỏi đặt ra là: Làm thế nào để có thể tính được vị trí của vệ tinh tại thời điểm $t = t_0 + \Delta t$ bất kỳ

Tính dị thường trung bình

Do Y chuyển động đều với chu kỳ bằng chu kỳ của vệ tinh, ta có thể tính được dị thường trung bình M tại thời điểm $t = t_0 + \Delta t$:

$$M = M_0 + \frac{2\pi}{T} \Delta t$$

Với T có thể tính được dựa vào định luật Kepler III:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

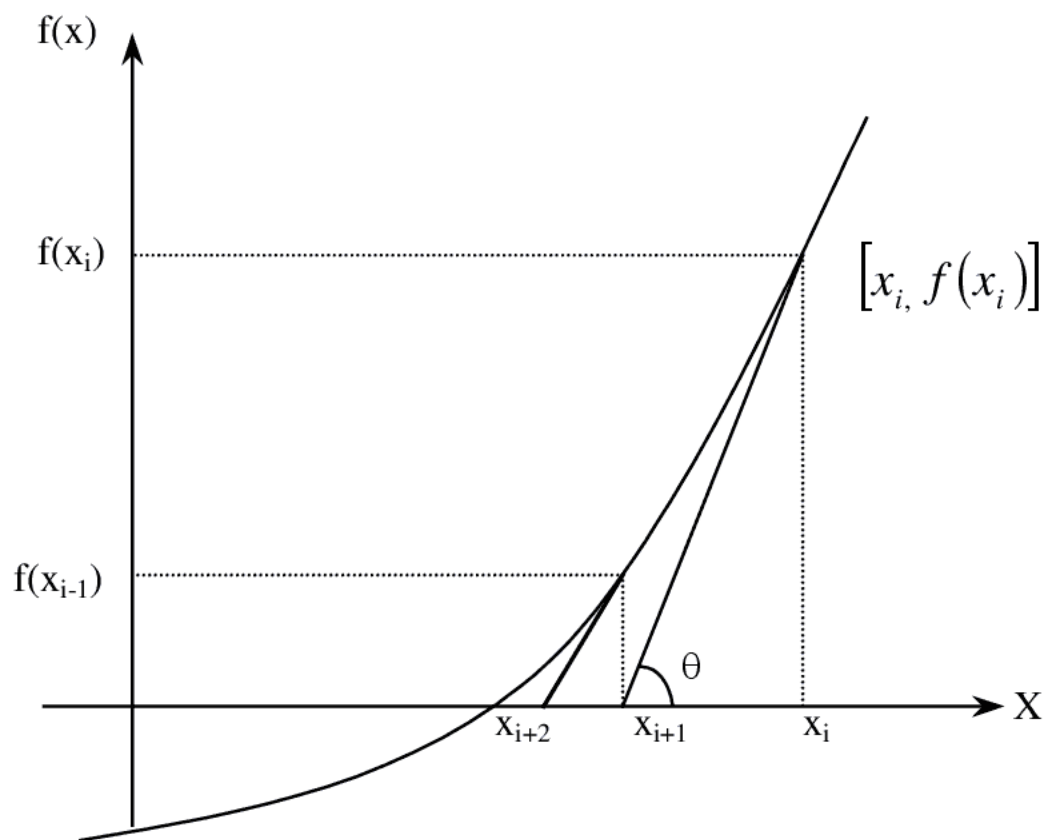
Tính dị thường lệch tâm

Ta tính dị thường lệch tâm E bằng cách giải phương trình Kepler:

$$M = E - \varepsilon \cdot \sin E$$

Thông thường phương trình này được giải bằng phương pháp Newton.

Phương pháp Newton



$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$$

Tính tọa độ vệ tinh trong hệ quy chiếu PQW

Ta có:

$$\begin{cases} p &= a \cdot \cos E - c \\ q &= b \cdot \sin E \\ w &= 0 \end{cases}$$

Với:

- c : nửa độ dài tiêu cự ($c = a\varepsilon$)
- b : bán trục nhỏ ($b = a\sqrt{1 - \varepsilon^2}$)

Tính tọa độ vệ tinh trong hệ quy chiếu ECI

Ma trận quay biến đổi hệ quy chiếu $\{i\}$ thành hệ quy chiếu $\{p\}$:

$$\mathbf{R}^{pi} = \mathbf{R}_Z(\omega)\mathbf{R}_X(i)\mathbf{R}_Z(\Omega)$$

Tọa độ của vệ tinh trong hệ quy chiếu ECI:

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{R}^{ip}\mathbf{v}_p$$

Bài tập

Cho:

$$t_1 = 3900[s]$$

$$t_2 = 4000[s]$$

$$t_3 = 4100[s]$$

$$\mathbf{R}_1 = [-2936.2922, -5654.01, 0] [km]$$

$$\mathbf{R}_2 = [-389.5577, -6359.079, 0] [km]$$

$$\mathbf{R}_3 = [2224.1957, -5970.1419, 0] [km]$$

$$\boldsymbol{\rho}_1 = [-0.39868932, 0.91626844, -0.0387166]$$

$$\boldsymbol{\rho}_2 = [-0.56171108, 0.82642542, 0.03875162]$$

$$\boldsymbol{\rho}_3 = [-0.70363441, 0.70400468, 0.09631214]$$

1/ Tính sáu thông số quỹ đạo vệ tinh

2/ Tính vị trí vệ tinh tại thời điểm t_1, t_2, t_3