

# УЗАГАЛЬНЕННЯ НЕПЕРЕРВНОЇ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ ПРЕЦЕСІЙНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА

Плаксій Ю.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Для отримання коректних оцінок похибок алгоритмів визначення орієнтації на етапі проектування систем безплатформеної орієнтації рухомого об'єкту застосовують аналітичні еталонні моделі обертання твердого тіла. Найбільш поширеними моделями є моделі кінчного обертання і регулярної прецесії, в яких кватерніон орієнтації і квазікоординати (прирости уявних поворотів на такті обчислень) представляються неперервними явними функціями часу. В моделі регулярної прецесії кватерніон орієнтації має вигляд:

$$\begin{aligned} \lambda_0(t) &= \cos(\theta/2) \cdot \cos((\nu + \mu)t/2); \quad \lambda_1(t) = \sin(\theta/2) \cdot \cos((\nu - \mu)t/2); \\ \lambda_2(t) &= -\sin(\theta/2) \cdot \cos((\nu - \mu)t/2); \quad \lambda_3(t) = \cos(\theta/2) \cdot \sin((\nu + \mu)t/2), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\theta$ ,  $\nu$ ,  $\mu$  – постійні величини. Очевидно, що модельний кватерніон (1) є окремим випадком кватерніона орієнтації, записаного в функціях подвійних кутів Ейлера:

$$\begin{aligned} \lambda_0(t) &= \cos\theta(t) \cdot \cos((\nu(t) + \mu(t))); \quad \lambda_1(t) = \sin\theta(t) \cdot \cos((\nu(t) - \mu(t))); \\ \lambda_2(t) &= \sin\theta(t) \cdot \sin((\nu(t) - \mu(t))); \quad \lambda_3(t) = \cos\theta(t) \cdot \cos((\nu(t) + \mu(t))). \end{aligned} \quad (2)$$

Використаємо кватерніон (2) для отримання еталонної моделі обертання твердого тіла. У випадку, коли кути є лінійними функціями часу  $\theta(t) = k_1 t$ ,  $\nu(t) = k_2 t$ ,  $\mu(t) = k_3 t$ , проекції вектора кутової швидкості на зв'язані осі можна отримати з оберненого кінематичного рівняння  $\omega = 2\tilde{\Lambda}(t) \circ \dot{\Lambda}(t)$ , а квазікоординати модельного руху визначаються як перші різниці компонент вектора позірною повороту

$$\theta_{ni}^* = \theta_i(t_n) - \theta_i(t_{n-1}), \quad i = 1, 2, 3, \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned} \theta_1(t) &= \frac{k_1}{k_3} \sin(2k_3 t) + \frac{k_2}{2k_1 - 2k_3} \sin(2k_1 - 2k_3)t - \frac{k_2}{2k_1 + 2k_3} \sin(2k_1 + 2k_3)t; \\ \theta_2(t) &= \frac{k_1}{k_3} (\cos(2k_3 t) - 1) - \frac{k_2}{2k_1 - 2k_3} (\cos(2k_1 - 2k_3)t - 1) - \frac{k_2}{2k_1 + 2k_3} (\cos(2k_1 + 2k_3)t - 1); \\ \theta_3(t) &= \frac{k_2}{k_1} \sin(2k_1 t) + 2k_3 t. \end{aligned} \quad (4)$$

В результаті чисельного експерименту для кінематичної моделі (2) при різних значеннях  $k_1, k_2, k_3$  побудовані траєкторії  $\lambda_i(\lambda_k)$ , ( $i > k$ ) в конфігураційному просторі параметрів, вигляд яких відрізняється від характерного вигляду траєкторій, що мають місце у випадку моделі регулярної прецесії. Для відомих алгоритмів визначення орієнтації четвертого порядку за допомогою еталонної моделі (2) – (4) отримані оцінки точності у вигляді похибок дрейфу. Наводяться результати аналізу точності алгоритмів для різних реалізацій моделі.