

ЧОТИРЬОХЧАСТОТНА ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА ДЛЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ОРІЄНТАЦІЇ

Плаксій Ю.А., Гомозкова І.О.

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

Сучасні системи управління рухомих об'єктів ґрунтуються на принципах безплатформеного управління. Цифровий образ опорної системи координат в безплатформених інерціальних навігаційних системах (БІНС) відтворюється за допомогою алгоритмів орієнтації. Для відпрацювання таких алгоритмів зазвичай застосовують тестові рухи у вигляді еталонних моделей обертання твердого тіла, які встановлюють певний зв'язок між кватерніоном орієнтації і первинною інформацією про обертання твердого тіла (ідеальними сигналами з виходів гіроскопів – квазікоординатами). Оскільки реальний рух об'єкта є більш складним, ніж регулярна прецесія або конічне обертання, то розробка нових еталонних моделей є актуальною задачею точного аналізу алгоритмів.

Запропоновано нову аналітичну еталонну модель обертання твердого тіла, яка ґрунтується на чотирьохчастотному представленні компонент кватерніона орієнтації:

$$\begin{aligned}\lambda_0(t) &= \cos(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) + \sin(k_1 t) \cdot \sin(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t); \\ \lambda_1(t) &= \cos(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t) \cdot \cos(k_4 t) - \sin(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) \cdot \sin(k_4 t); \\ \lambda_2(t) &= \sin(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) \cdot \cos(k_4 t) + \cos(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t) \cdot \sin(k_4 t); \\ \lambda_3(t) &= \sin(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t) - \cos(k_1 t) \cdot \sin(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t),\end{aligned}\tag{1}$$

де k_1, k_2, k_3, k_4 – частоти, які задаються.

Проекції вектора модельної кутової швидкості твердого тіла на зв'язані осі, що відповідають орієнтації (1), можна отримати з оберненого кінематичного рівняння у вигляді:

$$\begin{aligned}\omega_1 &= 2k_3 \cdot \cos((k_1 - k_4)t) + 0.25(k_1 + k_4) \cdot (\cos((-k_1 + 2(k_2 + k_3) + k_4)t) - \cos((k_1 + 2(k_2 + k_3) - k_4)t) - \\ &\quad - \cos((k_1 - 2(k_2 - k_3) - k_4)t) + \cos((-k_1 - 2(k_2 - k_3) + k_4)t) - 2\sin((-k_1 + 2k_2 + k_4)t) - \\ &\quad - 2\sin((k_1 + 2k_2 - k_4)t)) + k_2(\sin((k_1 - 2k_3 - k_4)t) + \sin((k_1 + 2k_3 - k_4)t)); \\ \omega_2 &= k_2(\cos((k_1 - 2k_3 - k_4)t) + \cos((k_1 + 2k_3 - k_4)t)) - 2k_3 \cdot \sin((k_1 - k_4)t) + \\ &\quad + 0.25(k_1 + k_4)(2\cos((k_1 - 2k_2 - k_4)t) - 2\cos((k_1 + 2k_2 - k_4)t) - \sin((k_1 + 2(k_2 - k_3) - k_4)t) + \\ &\quad + \sin((k_1 - 2(k_2 - k_3) - k_4)t) - \sin((k_1 - 2(k_2 + k_3) - k_4)t) + \sin((k_1 + 2(k_2 + k_3) - k_4)t)); \\ \omega_3 &= 0.5(k_1 + k_4) \cdot (\cos(2(k_2 - k_3)t) + \cos(2(k_2 + k_3)t)) + (k_1 - k_4) - 2k_2 \sin(2k_3 t).\end{aligned}\tag{2}$$

Тестовий рух на основі еталонної моделі (1), (2) включає також аналітичні вирази для квазікоординат.

Результати чисельних реалізацій запропонованої еталонної моделі для різних значень частот k_1, k_2, k_3, k_4 у вигляді побудованих траєкторій у конфігураційному просторі параметрів орієнтації показали, що відповідний тестовий рух є більш складним у зрівнянні з регулярною прецесією і конічним рухом. Також за допомогою запропонованої еталонної моделі отримані оцінки похибок дрейфу для деяких алгоритмів орієнтації четвертого порядку.