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 основані 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 точносного аналізу алгоритмів.

Запропоновано нову аналітичну еталонну модель обертання твердого тіла, яка основана 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.