

НОВІ ТЕСТОВІ ОБЕРТАЛЬНІ РУХИ ТВЕРДОГО ТІЛА ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ БЕЗПЛАТФОРМЕНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ

Плаксій Ю.А.

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

Розглядається задача оцінювання точності алгоритмів визначення кватерніонів орієнтації на етапі проектування системи безплатформеної орієнтації. Актуальність задачі обумовлена значною кількістю розроблених алгоритмів різного порядку і тим, що в безплатформених системах алгоритми визначення орієнтації відтворюють математичний образ інерціальної системи координат.

В теперішній час найбільш поширеними тестовими рухами є моделі кінчного обертання і регулярної прецесії, в яких кватерніон орієнтації і квазікоординати, що імітують сигнали на виході датчиків кутової швидкості на такті обчислень, представляються неперервними функціями часу.

Для розширення класу тестових рухів пропонуються дві нові еталонні моделі, основані на двочастотному представленні модельного кватерніона орієнтації. В моделі першого типу компоненти кватерніона задаються у вигляді:

$$\lambda_0(t) = \eta \cos k_1 t \cdot \cos k_2 t; \lambda_1(t) = \sin k_1 t; \lambda_2(t) = \cos k_1 t \cdot \sin k_2 t; \lambda_3(t) = \xi \cos k_1 t \cdot \cos k_2 t. \quad (1)$$

де k_1, k_2 – частоти, η і ξ – параметри, для яких виконується умова $\eta^2 + \xi^2 = 1$.

Для цього представлення кватерніона орієнтації проекції вектора кутової швидкості твердого тіла на зв'язані осі набувають вигляду:

$$\begin{aligned} \omega_1(t) &= 2\eta k_1 \cos k_2 t + 0,5\eta k_2 \cos(2k_1 - k_2)t - 0,5\eta k_2 \cos(2k_1 + k_2)t + \xi k_2 + \xi k_2 \cos 2k_1 t; \\ \omega_2(t) &= -2\xi k_1 \cos k_2 t + \eta k_2 + \eta k_2 \cos 2k_1 t - 0,5\xi k_2 \cos(2k_1 - k_2)t + 0,5\xi k_2 \cos(2k_1 + k_2)t; \\ \omega_3(t) &= 2k_1 \sin k_2 t - 0,5k_2 \sin(2k_1 + k_2)t - 0,5k_2 \sin(2k_1 - k_2)t. \end{aligned} \quad (2)$$

Вирази (1) і (2) є розв'язками відповідних рівнянь обертання твердого тіла з початковими умовами $\Lambda(0) = (\eta, 0, 0, \xi)$, $\vec{\omega}(0) = (2\eta k_1 + 2\xi k_2, -2\xi k_1 + 2\eta k_2, 0)$.

Компоненти кватерніона орієнтації для моделі другого типу мають вигляд:

$$\lambda_0(t) = \cos k_1 t; \lambda_1(t) = \sin k_1 t \cdot \sin k_2 t; \lambda_2(t) = \xi \sin k_1 t \cdot \cos k_2 t; \lambda_3(t) = \eta \sin k_1 t \cdot \cos k_2 t, \quad (3)$$

де також має місце умова $\eta^2 + \xi^2 = 1$.

Відповідний розв'язок динамічних рівнянь обертання твердого тіла має вигляд:

$$\begin{aligned} \omega_1(t) &= 2k_1 \sin k_2 t + 0,5k_2 \sin(2k_1 + k_2)t + 0,5k_2 \sin(2k_1 - k_2)t, \\ \omega_2(t) &= 2\xi k_1 \cos k_2 t - \eta k_2 + \eta k_2 \cos 2k_1 t - 0,5\xi k_2 \cos(2k_1 - k_2)t + 0,5\xi k_2 \cos(2k_1 + k_2)t, \\ \omega_3(t) &= 2\eta k_1 \cos k_2 t - 0,5\eta k_2 \cos(2k_1 - k_2)t + 0,5\eta k_2 \cos(2k_1 + k_2)t + \xi k_2 - \xi k_2 \cos 2k_1 t. \end{aligned} \quad (4)$$

Для цієї моделі $\Lambda(0) = (1, 0, 0, 0)$, $\vec{\omega}(0) = (0, 2\xi k_1, 2\eta k_1)$.

Запропоновані тестові рухи були застосовані у якості еталонних моделей для отримання оцінок похибок дрейфу деяких алгоритмів визначення кватерніонів орієнтації. Наводяться результати моделювання нових тестових рухів у вигляді побудованих траєкторій в конфігураційному просторі параметрів орієнтації, а також графічні залежності отриманих похибок алгоритмів від часу.