НОВІ ТЕСТОВІ РУХИ В ЗАДАЧІ ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ В БІНС

Плаксій Ю.А., Гомозкова І.О.

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

На етапі проектування безплатформених інерціальних навігаційних систем (БІНС), в яких алгоритмічний аспект відіграє значну роль, актуальною є задача тестування відповідних алгоритмів на тестових обертальних рухах твердого тіла з метою отримання коректних оцінок точності. В основу найбільш застосовних в теперішній час тестових рухів покладені випадки моделей конічного руху і регулярної прецесії.

Для розширення класу тестових рухів пропонуються дві нові еталонні моделі обертання, які можна інтерпретувати як аналітичні розв'язки сукупності відповідних динамічних і кінематичних рівнянь обертального руху твердого тіла.

Для першої моделі задамо розв'язок кінематичного рівняння у вигляді

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

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

Відповідний розв'язок динамічних рівнянь може бути представлений у вигляді:

$$\omega_1(t) = 2k_1 \cos k_2 t + 0{,}5k_2 \cos(2k_1 - k_2)t - 0{,}5k_2 \cos(2k_1 + k_2)t\,,$$

$$\omega_2(t) = -2\xi k_1 \sin k_2 t + \eta k_2 + \eta k_2 \cos 2k_1 t + 0{,}5\xi k_2 \sin(2k_1 + k_2)t + 0{,}5\xi k_2 \sin(2k_1 - k_2)t\,,$$

$$\omega_3(t) = 2\eta k_1 \sin k_2 t - 0{,}5\eta k_2 \sin(2k_1 + k_2)t - 0{,}5\eta k_2 \sin(2k_1 - k_2)t + \xi k_2 + \xi k_2 \cos 2k_1 t\,. \qquad (2)$$

Для розв'язків (1) і (2) мають місце початкові умови: $\Lambda(0) = (1, 0, 0, 0)$, $\vec{\omega}(0) = (2k_1, 2\eta k_2, 2\xi k_2)$, друга та третя компоненти вектора кутової швидкості містять постійні складові.

Для другої моделі запишемо розв'язок кінематичного рівняння у вигляді:

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

де k_1, k_2 – постійні частоти і виконується умова $\eta^2 + \xi^2 = 1$.

Для цього представлення кватерніона орієнтації нескладно отримати відповідний розв'язок динамічних рівнянь у вигляді:

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

Для цього розв'язку перша компонента вектора кутової швидкості має постійну складову, $\Lambda(0) = (1, 0, 0, 0)$, $\vec{\omega}(0) = (2k_1, 2\eta k_2, 2\xi k_2)$.

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