ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА НА ОСНОВІ НОВОГО АНАЛІТИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ КВАТЕРНІОННА ОРІЄНТАЦІЇ

Плаксій Ю.А.

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

В безплатформених системах орієнтації первинна інформація про обертання рухомого об'єкта на такті $[t_{n-1}, t_n]$ поступає в обчислювач з вимірювачів кутової швидкості у вигляді *квазікоординат* [1]

$$\theta_{ni}^* = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \omega_i dt, \qquad i = 1,2,3\,, \tag{1}$$

де ω_i, $i = 1,2,3$ – проекції вектора абсолютної кутової швидкості об'єкта $\vec{\omega}$ на зв'язані осі. Оскільки на теперішній час розроблено значну кількість алгоритмів визначення параметрів орієнтації, що мають однаковий математичний порядок, то для отримання коректних оцінок точності алгоритмів по інформації (1) для конкретного рухомого об'єкту на етапі проектування системи орієнтації з метою вибору найкращого алгоритму застосовують *еталонні моделі обертання* [2]. Еталонні моделі обертання задають точний зв'язок між квазікоординатами (1) і модельними значеннями параметрів, які відповідають повороту об'єкта на такті $[t_{n-1}, t_n]$. У якості еталонних моделей зазвичай використовують випадки існуючих точних розв'язків сукупності динамічних і кінематичних рівнянь обертання твердого тіла (моделі *конічного руху* та *регулярної прецесії*).

Оскільки реальний рух об'єкта в багатьох випадках суттєво різниться від випадку прецесії, то розширення класу неперервних еталонних моделей, відмінних від існуючих, є актуальною задачею точносного аналізу при проектуванні систем безплатформеної орієнтації.

Неперервна еталонна модель обертання твердого тіла цілком визначається прийнятими в ній аналітичними представленнями компонент кватерніона орієнтації. Представимо модельний кватерніон орієнтації у вигляді:

$$\Lambda(t) = \{\cos\varphi(t)\cos\psi(t)\cos\theta(t),\ \sin\varphi(t),$$
$$\cos\varphi(t)\sin\psi(t),\ \sin\varphi(t)\cos\psi(t)\sin\theta(t)\}\,. \tag{2}$$

Вирази для проекцій вектора кутової швидкості на зв'язані осі можна отримати з оберненого кінематичного рівняння $\omega(t) = 2\tilde{\Lambda}(t) \circ \dot{\Lambda}(t)$, а квазікоординати модельного руху визначаються аналітично як перші різниці компонент вектора позірного повороту

$$\theta_{ni}^* = \theta_i(t_n) - \theta_i(t_{n-1}). \tag{3}$$

В результаті проведеного чисельного експерименту для кінематичної моделі (2) у випадку, коли кути $\varphi(t)$, $\psi(t)$, $\theta(t)$ змінюються лінійно з плином часу $\varphi(t) = k_1 t$, $\psi(t) = k_2 t$, $\theta(t) = k_3 t$, побудовані траєкторії $\lambda_i(\lambda_0)$, $i = 1,2,3$ в конфігураційному просторі параметрів орієнтації. Показано, що запропонована аналітична модель (1) – (3) при різних значеннях параметрів k_1, k_2, k_3 описує достатньо широкий набір рухів твердого тіла, що суттєво відрізняються від випадків конічного обертання та регулярної прецесії. На рис. 1-3 показані траєкторії у конфігураційному просторі для випадку, коли $k_1 = 0{,}015, k_2 = 0{,}025,\ k_3 = 0{,}005$.

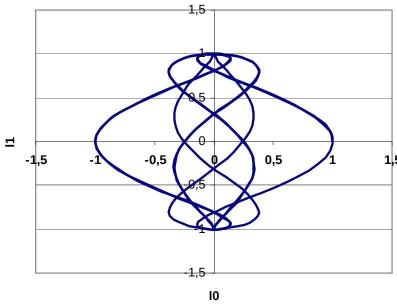

Рис.1. Траєкторія $\lambda_1(\lambda_0)$.

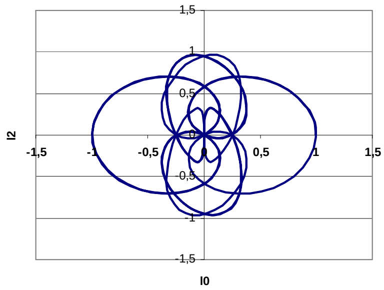

Рис.2. Траєкторія $\lambda_2(\lambda_0)$.

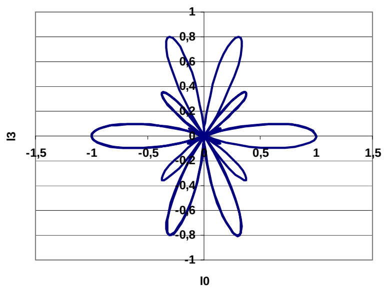

Рис.3. Траєкторія $\lambda_3(\lambda_0)$.

Для відомих алгоритмів визначення орієнтації четвертого порядку за допомогою еталонної моделі (1) – (3) отримані оцінки точності у вигляді похибок дрейфу. Наводяться результати аналізу точності алгоритмів для різних реалізацій моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – М.: Наука, 1992. – 280 с.
2. Кузнецов Ю.А, Олейник С.В., Деменков В.А., Плаксий Ю.А. Применение моделей вращения для анализа погрешностей алгоритмов бесплатформенных инерциальных систем ориентации подвижных объектов // XYII С.-Петербургская Междунар. конф. – С.-Петербург: ЦНИИ "Электроприбор".– 2010.– С. 114–116.