

# ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА НА ОСНОВІ АПРОКСИМАЦІЇ КВАТЕРНІОНА ОРІЄНТАЦІЇ КУБІЧНИМИ СПЛАЙНАМИ

Плаксій Ю.А., Гурін Д.Ю.

*Національний технічний університет „ХПІ”, Харків*

Для отримання оцінок точності алгоритмів визначення орієнтації по первинній інформації в безплатформених інерціальних навігаційних системах (БІНС) у вигляді позірних поворотів можна застосовувати еталонну апроксимаційну модель вільного обертання твердого тіла, що включає в собі аналітичні залежності від часу  $t$  для позірних поворотів і кватерніонів орієнтації.

Така еталонна модель повністю визначається прийнятою опорною кінематичною моделлю обертання, в основу побудування якої покладаються результати сумісного чисельного інтегрування диференціальних рівнянь моделі обертання твердого тіла. Для цього розіб'ємо інтервал часу  $[0, T]$  на  $N$  рівних відрізків точками  $0, t_1, t_2, \dots, t_N$ . На кожному з цих відрізків апроксимуємо  $j$ -ту компоненту кватерніону орієнтації кубічним сплайном:

$$I_j(t) = a_i^{(j)} + b_i^{(j)}(t - t_{i-1}) + c_i^{(j)}(t - t_{i-1})^2 + d_i^{(j)}(t - t_{i-1})^3, \quad j = \overline{0,3}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Оскільки кватерніон з компонентами (1) не є нормованим, то для отримання нормованого кватерніона треба після побудування формули (1) виконати відповідну процедуру нормування  $\hat{I}_j(t) = I_j(t) / \|\Lambda(t)\|$ , де  $\|\Lambda(t)\| = \sqrt{I_0^2(t) + I_1^2(t) + I_2^2(t) + I_3^2(t)}$ , в результаті якої коефіцієнти  $a_i^{(j)}, b_i^{(j)}, c_i^{(j)}, d_i^{(j)}$  дещо зміняться.

Розроблена розрахункова програма на мові Java 1.6, що включає апроксимацію компонент кватерніону орієнтації дискретної моделі і отримання параметрів орієнтації аналітичної моделі у вигляді (1), а також проєкцій  $w_i$  модельної кутової швидкості та позірних поворотів  $q_{ni}^* = \int_{t_n - \Delta t}^{t_n} w_i(t) dt, \quad i = 1, 2, 3$ .

Приводяться результати побудування аналітичної сплайнової еталонної моделі вільного обертання твердого тіла і оцінки її адекватності дискретній моделі у вигляді середнього модельного дрейфа. Еталонна модель застосована для оцінювання алгоритмів визначення орієнтації 1-го, 2-го та 3-го порядку. Приводяться отримані оцінки точності алгоритмів у вигляді графіків похибок дрейфу і швидкості дрейфу.