

УДК 681.581

Повышение точности навигации высотных летательных аппаратов с помощью адаптивного фильтра Калмана Sage-Husa

Жао Шэнжэнь^(*)

raoshengren@gmail.com

Ян Бо

yangbo.126@gmail.com

Гао Тяньцы

gaotianci0088@gmail.com

Лукьянов Вадим Викторович

vdmlknv@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена анализу эффективности адаптивного фильтра Калмана Sage-Husa для коррекции навигационных данных от бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) и астрономической навигационной системы (АНС) в высотных летательных аппаратах. Ограничение элементов матрицы шума измерений повышает надежность фильтрации. Предложен новый алгоритм распознавания звездных карт, основанный на использовании угловых расстояний между несколькими звездами. Результаты моделирования показывают значительное улучшение точности навигации.

Ключевые слова: интегрированная навигационная система, бесплатформенная инерциальная навигационная система, астрономическая навигационная система, Sage-Husa адаптивный фильтр Калмана, распознавание звездных карт, высотные летательные аппараты

Введение. Навигация высотных летательных аппаратов требует высокой точности. БИНС автономны, но накапливают ошибки со временем. АНС не накапливают погрешности, но зависят от погодных условий и имеют низкую частоту измерений [1]. Интеграция этих систем через адаптивный фильтр Калмана Sage-Husa объединяет их преимущества, корректируя ошибки БИНС данными АНС и ограничивая элементы матрицы шума измерений для повышения надежности [2, 3]. Предложен новый метод распознавания звездных карт на основе угловых расстояний между звездами, что улучшает устойчивость модели. Моделирование подтверждает значительное повышение точности навигации.

Материалы и методы; результаты. Традиционный фильтр Калмана предполагает известные и постоянные шумы, но на практике они часто неизвестны и меняются со временем. Адаптивный фильтр Sage-Husa оценивает и корректирует характеристики шумов в реальном времени, обеспечивая более точное и надежное фильтрование данных [4, 5]. В данной работе также предложен новый метод распознавания звездных изображений на основе угловых расстояний между звездами.

Среднеквадратические ошибки определения параметров навигации

Параметр	Среднеквадратичная ошибка (СКО)	
	Фильтр Калмана	Sage-Husa адаптивный фильтр Калмана
Угол тангажа	0,00015075 рад	0,00015047 рад
Угол крена	0,00011786 рад	0,00011759 рад
Угол рыскания	0,00035404 рад	0,00035229 рад
Скорость восточная	1,2639 м/с	1,26 м/с
Скорость северная	1,3562 м/с	1,3545 м/с
Скорость вертикальная	2,3635 м/с	2,1928 м/с
Широта	0,0001667 рад	0,00016367 рад
Долгота	0,00038886 рад	0,00038063 рад
Высота	97,8569 м	43,7046 м

Заключение. Результаты расчетов показали, что использование Sage-Husa адаптивного фильтра Калмана для оценивания погрешностей интегрированной астро-инерциальной навигационной системы позволяет уменьшить среднеквадратичные ошибки определения углов ориентации, скорости и координат по сравнению с традиционным фильтром Калмана.

Список источников

- [1] Chen P., Sun F.P. Simulation of SINS/CNS Integrated Navigation System. *Hydrographic Surveying and Charting*, 2010, vol. 30, no. 6, pp. 55–58.
- [2] Wang X., Wang X.L. System Modeling and Performance Simulation on SINS. *CNS Integrated Navigation System for Ballistic Missile. Aero weaponry*, 2015, no. 2, pp. 21–25. <https://doi.org/10.19297/j.cnki.41-1228/tj.2015.02.004>
- [3] Yan G.M., Weng J. *Strapdown inertial navigation algorithm and integrated navigation principle*. Xi'an, Northwestern Polytechnical University Press, 2019.
- [4] Wan Z.Y., Yang G.L., Tu Y.Q. Application of a New Fuzzy Adaptive Kalman Filter to Integrated Navigation. *Navigation and Control*, 2017, vol. 16, no. 2, pp. 81–86.
- [5] Lu X.Y. Application of Improved Sage-Husa Adaptive Filtering Algorithm in MEMS AHRS. *Navigation and Control*, 2019, vol. 18, no. 2, pp. 105–112.