

УДК 656.7.07:658.012.011.56.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ТРАЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

© Калинов С.Д., Земсков Ю.В.

e-mail: savvakalinov@gmail.com

*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

В условиях быстрого увеличения объемов воздушного движения все более актуальной становится потребность в повышении эффективности подсистемы наблюдения АС ОрВД. В результате повышается уровень безопасности полетов, улучшается корректность работы подсистемы планирования потоков прилетающих и вылетающих воздушных судов (AMAN/DMAN), увеличивается комфортность работы диспетчеров. Наименее затратным способом повышения характеристик подсистем наблюдения является внедрение новых алгоритмов обработки информации о воздушной обстановке, не связанный с модернизацией аппаратной базы АС ОрВД. Работа любого алгоритма траекторной обработки связана с краткосрочным прогнозированием координат воздушных судов (ВС), основанном на результатах предыдущих наблюдений и моделей движения ВС. Поэтому для повышения точности определения положения ВС требуется модернизация алгоритмов прогнозирования траектории. В данной работе для этих целей предлагается использовать «универсальный» алгоритм прогнозирования.

Название «универсального» фильтра восходит к задаче кодирования информации от источника с неизвестным распределением вероятностей символов. Доказано, что универсальный алгоритм прогнозирования работает не хуже любого другого в классе непрерывных функций [1], таким образом данный метод выгодно использовать в многомодельных фильтрах, обеспечивающих оптимальное сопровождение маневрирующего ВС. Работа универсального алгоритма основывается на решении относительно переменной x уравнения:

$$\sum_{i=1}^{n-1} K(x, \hat{x}_i)(y_i - \hat{x}_i) = 0,$$

где $K(x, \hat{x}_i)$ – гауссово ядро; \hat{x}_i – прогнозы на предыдущих тактах работы фильтра; y_i – входная наблюдаемая координата на предыдущих тактах.

Для сравнения универсального алгоритма прогнозирования с классическими методами траекторной обработки [2,3] было проведено моделирование стандартных траекторий движения ВС: равномерное прямолинейное движение, круговое движение, фигура «горизонтальная восьмерка». При этом считалось, что погрешность измерения координат в полярной системе распределена по нормальному закону. Рассматривались альфа-бета фильтр; фильтр Калмана, настроенный на равномерное прямолинейное движение и фильтр Калмана, настроенный на стандартный разворот 3 градуса в секунду.

На рисунке представлены результаты моделирования. Хорошо видно, что траектория, соответствующая универсальному алгоритму прогнозирования, на всех

участках «горизонтальной восьмерки» прилегает к истинной траектории ближе, чем результаты работы стандартных алгоритмов, используемых в АС УВД.

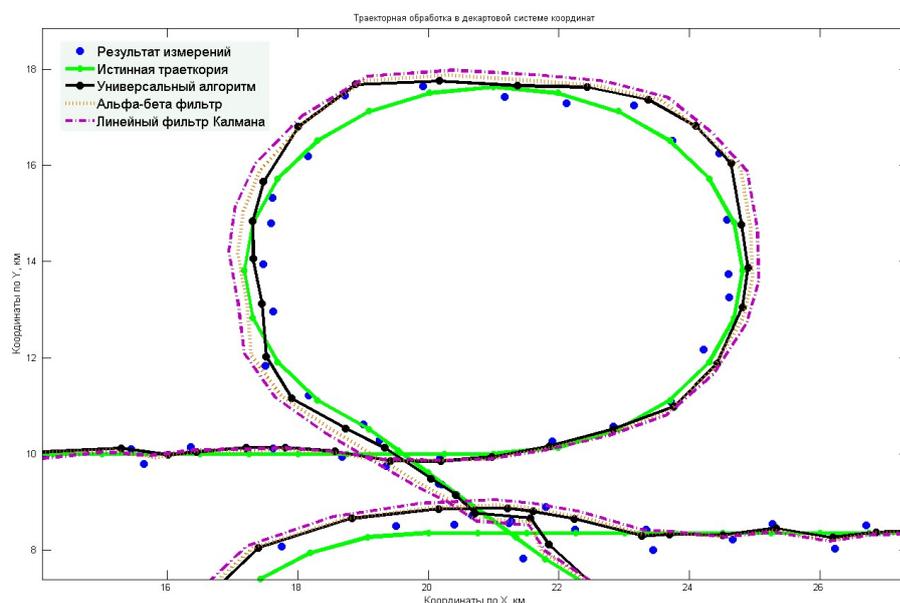


Рис. Результаты моделирования

Использование универсального алгоритма позволило на 20% улучшить среднеквадратическое отклонение по сравнению со стандартными алгоритмами траекторной обработки. Ясно, что результаты работы универсального алгоритма, при рассмотрении изолированных участков траектории, соответствующих стандартным движениям ВС, окажутся немногим лучше, чем результаты работы фильтра Калмана, настроенного на соответствующую модель движения. Поэтому универсальный алгоритм может быть рекомендован для работы в современных АС УВД в составе многомодельного фильтра траекторной обработки.

Библиографический список

1. Вьюгин В.В. «Математические основы машинного обучения и прогнозирования» М.: 2013. – 390 с.
2. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации: Учеб. Пособие/ Р.М. Ахмедов, А.А. Бибутов, А.В. Васильев и др.; Под ред. С. Г. Пятко и А. И. Красова – СПб.: Политехника, 2004 – 446с.: ил.
3. Bar-Shalom, Yaakov. Estimation with applications to tracking and navigation/ by Yaakov Bar-Shalom.