ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Циоплиакиса Николаоса Илиаса на тему «**Алгоритмы обработки информации в визуально-инерциальных навигационных системах**», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Диссертационная работа Н.И. Циоплиакиса посвящена разработке вычислительно-эффективных алгоритмов обработки данных визуально-инерциальных навигационных систем (ВИНС), основанных на рекуррентной фильтрации с использованием адекватных линеаризованных моделей ошибок. Работа выполнена в рамках актуального направления, связанного с обеспечением автономной навигации подвижных объектов в условиях ограниченного доступа к спутниковым навигационным системам, что особенно значимо для задач посадки воздушных объектов на подготовленную площадку.

В работе решены три взаимосвязанные задачи: разработан алгоритм быстрого блочного фильтра Калмана (ББФК) с линейной вычислительной сложностью; предложены право-инвариантные модели ошибок для монокулярной ВИНС с параметризацией обратной глубины; экспериментально проверена реализация ВИНС на стенде-демонстраторе жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Заслуживает внимания применение аппарата групп Ли и право-инвариантных ошибок, что устраняет эффект ложной наблюдаемости абсолютных координат и угла рыскания, приводящий в классическом обобщённом фильтре Калмана (ОФК) к потере состоятельности. Ценен и подход к аппроксимации корреляционных связей признаков по методу главных компонент, сохраняющий рекуррентность фильтра в отличие от оконных методов типа MSCKF. Особо отметим экспериментальную верификацию на стенде с ЖРД, где ВИНС обеспечила точность посадки порядка 7 см в условиях вибраций и ограниченного времени наблюдения.

По автореферату можно высказать несколько вопросов и замечаний:

1. Для сравнения выбраны классический ОФК и MSCKF. Однако в мировой практике широко применяются оптимизационные методы на основе фактор-графов и скользящего окна нелинейной оптимизации (Bundle Adjustment). Вопрос, как точность ББФК автора соотносится с оптимизационными методами и в каких условиях рекуррентная фильтрация сохраняет преимущество.
2. Аппроксимация корреляционных связей по методу главных компонент предполагает фиксированное число компонент. В условиях агрессивных манёвров, характерных для этапа посадки, структура наблюдаемости может изменяться достаточно быстро. Прошу автора уточнить, как обеспечивается робастность алгоритма к резкой смене корреляционной структуры, и достаточно ли фиксированного значения размерности расширения для предотвращения потери информации по критическим направлениям наблюдаемости.

3. Рекуррентный фильтр, учитывая полную историю наблюдений, не имеет механизма компенсации накопленного дрейфа на длительных интервалах. Прошу автора прокомментировать возможность дополнения алгоритма замыканием циклов или коррекцией по внешним опорным источникам при расширении сценария за пределы посадки.

В целом работа выполнена на высоком научном уровне, сочетает строгий математический аппарат с экспериментальной проверкой на реальном оборудовании. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает её научную и практическую ценность. Указанные выше замечания не снижают общей положительной оценки представленной работы. Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения учёных степеней», а её автор Циоплиакис Николаос Илиас заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя и их дальнейшую обработку.

Кандидат технических наук (специальность 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы),
доцент Центра образовательных программ топ-уровня в сфере искусственного интеллекта, АНО ВО «Университет Иннополис»

22.10.2026 Афанасьев Илья Михайлович

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис»
Адрес: 420500, г. Иннополис ул. Университетская, д. 1.
тел.: +7-911-931-80-12
e-mail: i.afanasyev@innopolis.ru

Подпись И.М. Афанасьева заверяю:

Подпись Афанасьева И.М. заверяю
Руководитель отдела учета и движения персонала АНО ВО «Университет Иннополис»
Э.Р. Ахунова