

УДК 004.896

АЛГОРИТМ РОБАСТНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНО-ИНЕРЦИАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Пеньковский А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук, Колубин С.А.
(Университет ИТМО)

Введение. Алгоритмы визуальной и визуально-инерциальной одометрии составляют основную часть современных систем автономной навигации мобильных роботов. На сегодняшний день разработано подавляющее число систем на основе комплексов данных камер различных типов с другими бортовыми датчиками. Данные алгоритмы демонстрируют приемлемую точность в простых сценариях функционирования робототехнических платформ вне и внутри помещений, однако в более сложных сценариях, таких как сцены с подвижными объектами, помимо шумов сенсоров проблемой являются аномальные измерения. Большинство существующих алгоритмов задействуют методы семантической сегментации изображений, существенно сокращающие вычислительную эффективность системы, или алгоритмы детектирования динамических объектов с применением дорогостоящих камер глубины и 3D-лидаров.

Основная часть. Общая постановка задачи оценивания собственного движения агента посредством визуально-инерциальной одометрии формулируется как оптимизационная задача минимизации энергетического функционала, обусловленного факторами, формируемыми на основе измерений бортовых визуальных и инерциальных сенсоров. Минимизируемый функционал определяется оцениваемым вектором состояния агента, основными элементами которого являются положение и ориентация агента в трёхмерном пространстве. Для решения данной задачи используется метод наименьших квадратов, который чувствителен к выбросам, возникающим вследствие наличия подвижных объектов в окружении и приводящим к аномально высоким значениям локальных компонент целевого функционала.

С целью повышения робастности к выбросам в стандартную формулировку локального функционала визуального фактора вводится регуляризирующая компонента, определяемая на основе заданной невыпуклой функции потерь. Для повышения качества сходимости процесса оптимизации вектора состояния агента процедура минимизации полного энергетического функционала системы выполняется в чередующейся манере с изменением степени выпуклости функции потерь компоненты регуляризации посредством изменения значения контролирующего параметра.

Алгоритм чередующейся оптимизации с регуляризацией по визуальному фактору реализован в виде модуля и добавлен в систему Visual-Inertial Navigation System (VINS) [1]. Для валидации работы предложенного решения выполнена экспериментальная апробация на публичном синтетическом наборе данных VIODE [2], содержащем последовательности, моделирующие условия функционирования беспилотного летательного аппарата мультироторного типа, варьирующиеся в зависимости от степени динамичности окружения по количеству подвижных объектов.

Выводы. Разработан алгоритм нелинейной численной оптимизации для систем визуально-инерциальной одометрии применительно к сценам с подвижными объектами. Предлагаемое решение не требует алгоритмов нейросетевой обработки изображений и дорогостоящих камер глубины. Результатом внедрения предложенной методологии робастной нелинейной оптимизации в систему визуально-инерциальной одометрии стало повышение точности восстановления траектории движения агента в средах с подвижными объектами. Разработаны рекомендации по конфигурации гиперпараметров алгоритма для обеспечения выполнения требований точности и времени работы алгоритма оптимизации.

Список использованных источников:

1. T. Qin, P. Li, and S. Shen. Vins-mono: A robust and versatile monocular visual-inertial state estimator. *IEEE Transactions on Robotics*. 2018. Vol. 34. no. 4, pp. 1004–1020
2. K. Minoda, F. Schilling, V. Wüest, D. Floreano and T. Yairi. VIODE: A Simulated Dataset to Address the Challenges of Visual-Inertial Odometry in Dynamic Environments. *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2021. Vol. 6. no. 2. pp. 1343-1350