

АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛИ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Рахманов Н.З. (ИТМО) Литвиненко Ю.А. (ИТМО, АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Введение.

Инерциальные навигационные системы и системы счисления пути, широко применяемые в различных транспортных средствах, функционируют на основе непрерывного расчета навигационных параметров [1]. Однако с течением времени их точность снижается из-за накопления ошибок. Это подчеркивает важность разработки интегрированных алгоритмов обработки данных в современных навигационных системах [2, 3]. Однако для создания интегрированной навигационной системы необходимо знание ее модели погрешностей, которая обычно известна не точно. В этой связи возникает задача идентификации модели, которая может решаться разными методами. Традиционные методы идентификации имеют свои ограничения, особенно в части способности точно определять структуру моделей ошибок и обеспечивать надежные оценки точности [3]. Хотя существует алгоритм [3], обеспечивающий высокую точность идентификации погрешностей, его время работы достаточно велико, что ограничивает его применение в реальном времени. В то же время исследования [4, 5] показывают потенциал алгоритмов машинного обучения для улучшения точности обнаружения ошибок в различных задачах. Например, в [5] был использован метод машинного обучения — Physics Informed Neural Network для идентификации характеристик шин, что показало улучшения как в синтетических, так и в реальных тестовых условиях. Настоящий доклад посвящен исследованию и сравнению эффективности различных алгоритмов машинного обучения для идентификации параметров модели погрешностей в навигационной системе счисления.

Идентификация модели погрешностей.

Для разработки модели погрешностей была использована модель навигационной системы счисления пути [6], учитывающая погрешности измерений продольной скорости и магнитного курса, а также наличие угла сноса судна и скорости течения. Для обучения и тестирования были синтезированы данные, представляющие разностные измерения навигационной системы счисления и спутниковой навигационной системы. Каждая реализация данных длилась 120 минут. Идентифицируемый параметр - интервал корреляции угла сноса. Этот параметр в каждой реализации является равномерно распределенной случайной величиной от 10 до 30 минут. При решении задачи идентификации были использованы следующие алгоритмы машинного обучения: метод K-ближайших соседей и случайный лес, а также различные архитектуры нейронных сетей. Задача идентификации также решалась с помощью байесовского алгоритма многоальтернативной фильтрации.

Результаты показали, что все протестированные алгоритмы машинного обучения не достигли высокой точности в определении интервала корреляции угла сноса. Среди методов машинного обучения лучший результат показал случайный лес, который превосходил остальные алгоритмы по всем метрикам, но точность остается недостаточной. Байесовский алгоритм многоальтернативной фильтрации, хотя и продемонстрировал значительное превосходство в точности, потребовал больше времени для выполнения задачи.

Заключение

В исследовании рассматривалось применение алгоритмов машинного обучения для идентификации параметров модели погрешностей навигационной системы счисления пути. Основной целью было сравнение их эффективности с традиционными байесовскими методами. На текущем этапе не удалось достичь достаточной точности при использовании методов машинного обучения, однако полученные результаты демонстрируют их потенциал в снижении вычислительной сложности, что может позволить их применение в реальном времени. В дальнейших исследованиях целесообразно рассмотреть более сложные

архитектуры нейронных сетей, например Physics Informed Neural Network.

Список использованных источников:

1. Анучин О.Н., Емельянцеv Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / под общей ред. акад. РАН В.Г. Пешехонова. СПб: ГИЦ РФ «ЦНИИ «Электроприбор», 2003. 389 с
2. Дерябин В.В. Алгоритмизация счисления пути судна на основе нейросетевых технологий дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.19 / В.В. Дерябин; Санкт-Петербург, 2020 – 287 с
3. Моторин А.В. Идентификация моделей погрешностей навигационных датчиков и средств коррекции методами нелинейной фильтрации: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / А.В. Моторин; Санкт-Петербург, 2017 – 134 с
4. Sharifani, Koosha and Amini, Mahyar, Machine Learning and Deep Learning: A Review of Methods and Applications (2023). World Information Technology and Engineering Journal, Volume 10, Issue 07, pp. 3897-3904, 2023
5. Tamas Hegedus, Balazs Nemeth, Peter Gaspar. Identification of tire characteristics using Physics-Informed Neural Network for road vehicles / 32nd Mediterranean Conference on Control and Automation / 2024
6. Рахманов Н.З., Литвиненко Ю.А. Оценивание погрешностей навигационной системы счисления на основе байесовского подхода // Сборник трудов XIII Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 8-11 апреля 2024 г.) - 2024. - Т. 1. - С. 455-462