



# ІТМО

## Оценка скорости по данным с энкодеров

Медведев Александр Сергеевич, 286511

## Цели проекта:



- Реализовать алгоритмы расчета скорости при помощи энкодера
- Провести сравнительный анализ полученных алгоритмов

## Задачи:

1. Написать иммитационную модель электродвигателя с энкодером
2. Синтезировать алгоритмы для расчета скорости при помощи энкодера:
  1. С использованием модели двигателя (Model-aware)
  2. Без использования модели двигателя (Model-free)
3. Провести моделирование каждого из алгоритмов в различных условиях
4. Численно оценить эффективность каждого из алгоритмов (RMSE)

# Описание решения

Используемые библиотеки и фреймворки:

- Python3: numpy, matplotlib

Система контроля версий:

- git: [https://github.com/oaleksander/rp2025\\_project](https://github.com/oaleksander/rp2025_project)

Методология написания ПО:

- Исходный код разделен на модули и классы
- Написана сопровождающая документация
- Реализованы юнит-тесты с автоматическим запуском на CI GitHub

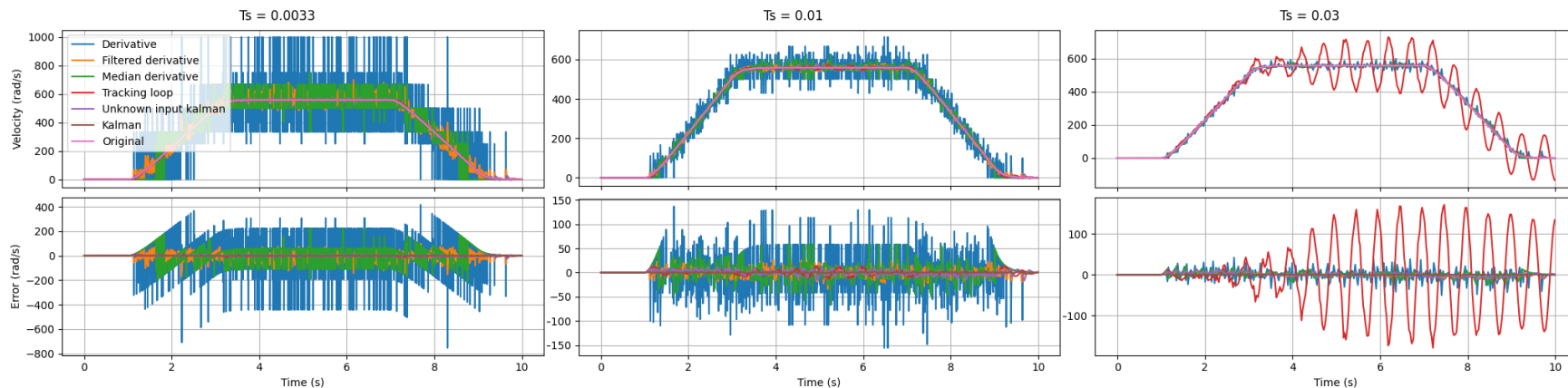
Реализованные алгоритмы:

- Программный модуль для цифрового квадратурного энкодера
- Имитационная модель двигателя на основании дискретного пространства состояния
- Алгоритмы оценки скорости:
  1. Численное дифференцирование
  2. Производная с фильтром
  3. Следящий алгоритм
  4. Фильтр Калмана
  5. Фильтр Калмана с расширенным состоянием



# Моделирование алгоритмов

1. Проведено моделирование работы двигателя с энкодером
2. Положение двигателя  $\theta(t)$  подавалось на вход фильтра с различным шагом дискретизации  $T_s$
3. Оценка скорости двигателя  $\hat{\omega}(t)$  сравнивалась с истинной  $\omega(t)$



# Результат



Шаг дискретизации [с]	0.0033	0.01	0.03
Алгоритм	Среднеквадратичная ошибка		
Производная	136.56	45.08	15.37
Производная + ФНЧ	32.77	9.97	4.72
Производная + Медиана	66.79	18.59	7.15
Следящий фильтр	3.96	4.66	81.95
Фильтр Калмана	1.21	0.69	0.34
Фильтр Калмана с расширенным состоянием	4.81	4.61	5.10

Каждый из полученных алгоритмов успешно справился с расчетом скорости с определенной точностью:



1. Если шаг дискретизации  $T_s$  большой и модель неизвестна, рекомендуется **производная с фильтром**
2. Если шаг дискретизации  $T_s$  маленький и модель неизвестна, рекомендуется **следающий фильтр**
3. Если модель системы известна, а управляющий сигнал – нет, рекомендуется **фильтр Калмана с расширенным состоянием**
4. Если модель системы и управляющий сигнал известны, рекомендуется **фильтр Калмана**

Среди всех экспериментов лучше всего продемонстрировал себя **фильтр Калмана**.

**Спасибо  
за внимание!**

**it's**MO *re than a*  
**UNIVERSITY**

Медведев Александр Сергеевич, 286511