

**Ячменьков М.М.** (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»),

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Пыркин А.А.**

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Доклад посвящен исследованию способов робастной оценки частот мультисинусоидальных сигналов в условиях наличия аддитивных случайных и детерминированных шумов и анализ эффективности применения параметризации на основе временного запаздывания для определения частоты такого сигнала в условиях шума. В исследуемых алгоритмах используется метод динамического расширения регрессора и смешивания (DREM), параметризация мультигармоники на основе временного запаздывания, а также расширенный фильтр Калмана.

### **Введение.**

В ряде практических приложений существует необходимость в параметрической оценке полигармонического сигнала, который может описывать возмущающее или задающее воздействие в киберфизических системах. Такая оценка позволяет синтезировать адаптивные алгоритмы управления, включая алгоритмы компенсации возмущающих воздействий. В реальных случаях оцениваемые сигналы имеют разную степень зашумленности.

Ключевым моментом в оценивании является способ параметризации таких сигналов. Базовым методом получения регрессионных моделей для оценки параметров полигармоники является параметризация на основе уравнения линейного многомерного гармонического осциллятора. Но оценка на основе такого регрессора предполагает доступность измерению полигармоники и ее производных, что существенно ограничивает возможность применения для оценки такого регрессора. В свою очередь можно использовать приближенное вычисление производных для достижения измеримости регрессора, но как известно, такой метод является неустойчивым и достаточно грубым. Поэтому вводят устойчивые линейные фильтры и применяют их к такому регрессору, что позволяет оценивать параметры сигнала. Но такой метод параметризации имеет существенный недостаток, связанный с появлением не подлежащего оценке экспоненциально затухающего сигнала в регрессоре, обусловленного ненулевыми начальными значениями полигармоники. Параметризации сигнала на основе временного запаздывания позволяет избежать появления неизвестного экспоненциально затухающего сигнала.

### **Основная часть.**

В данной работе представлен алгоритм робастной оценки частоты с использованием параметризации на основе временного запаздывания и DREM.

Алгоритм состоит из нескольких шагов. На первом шаге происходит параметризация сигнала на основе временного запаздывания. На втором шаге к получившемуся регрессору применяется DREM процедура, в которой для расширения регрессора используется последовательное применение оператора запаздывания к исходному регрессору. На третьем шаге применяется градиентный алгоритм и вводится оценка, основанная на оценке градиентного алгоритма, позволяющая получить оценку за конечное время. На четвертом шаге преобразуется оцененный за конечное время вектор параметров регрессора в оценки частот гармоник исследуемого сигнала. На последнем шаге по оценкам частот гармоник происходит оценка всех остальных параметров сигнала.

В работе проанализировано поведение алгоритма в случае наличия случайных и детерминированных шумов в измеряемом сигнале. Приведен анализ эффективности оценки с

такой параметризацией по сравнению с альтернативными методами, включающими расширенный фильтр Калмана.

**Выводы.**

Разработанный алгоритм может быть использован в системах управления для возмущенных киберфизическими объектами для компенсации параметрически неопределенного возмущения с конечным спектром.

Ячменьков М.М. (автор)

Подпись

Пыркин А.А. (научный руководитель)

Подпись