

# Slightly paramilitary Predictive Maintenance

Михаил В. Цыганов\*, кафедра фотоники и физики микроволн ФФ МГУ

Алексей В. Ермаков†, ИТМФ МГУ

Артём В. Васильев‡, ИТМФ МГУ

05.03.2020

[Страница с проектом на github.](#)

## 1 Постановка задачи

... "Здравствуйте! На этот раз задание следующее. Данные представляют собой запись состояния системы и 10 её блоков за продолжительный период времени. Первые 2 столбца (?) – номер записи, 3-й столбец TimeCount – номер отсчета, 4-й столбец Mode – режим работы всей системы, определяющий нагрев блоков, 5-14-й столбцы  $T_i$  – температуры каждого из 10-ти блоков в градусах Цельсия, 15-24-й столбцы  $S_i$  – состояния каждого из 10 блоков (работает/не работает), 25-й столбец SystemState – состояние системы (работает/не работает). Важно отметить, что Mode в текущий отсчет определяет работу системы в следующий интервал времени (до следующего отсчета). Задача: построить алгоритм, который позволил бы спрогнозировать состояние системы на следующие 20 и 60 отсчетов, и предоставить спрогнозированные значения. Точность работы алгоритма оценивается по отклонению предсказанного ряда от истинного в расстоянии (во времени) до ближайшего отказа системы. " ....

## 2 Общий анализ сигнала

### 2.1 Предварительный визуальный осмотр

На первом этапе визуализируем информацию связанную с работой отдельных блоков и системы в целом. Данные "чистые" и без пропусков значений. Приведём графики для первого блока.

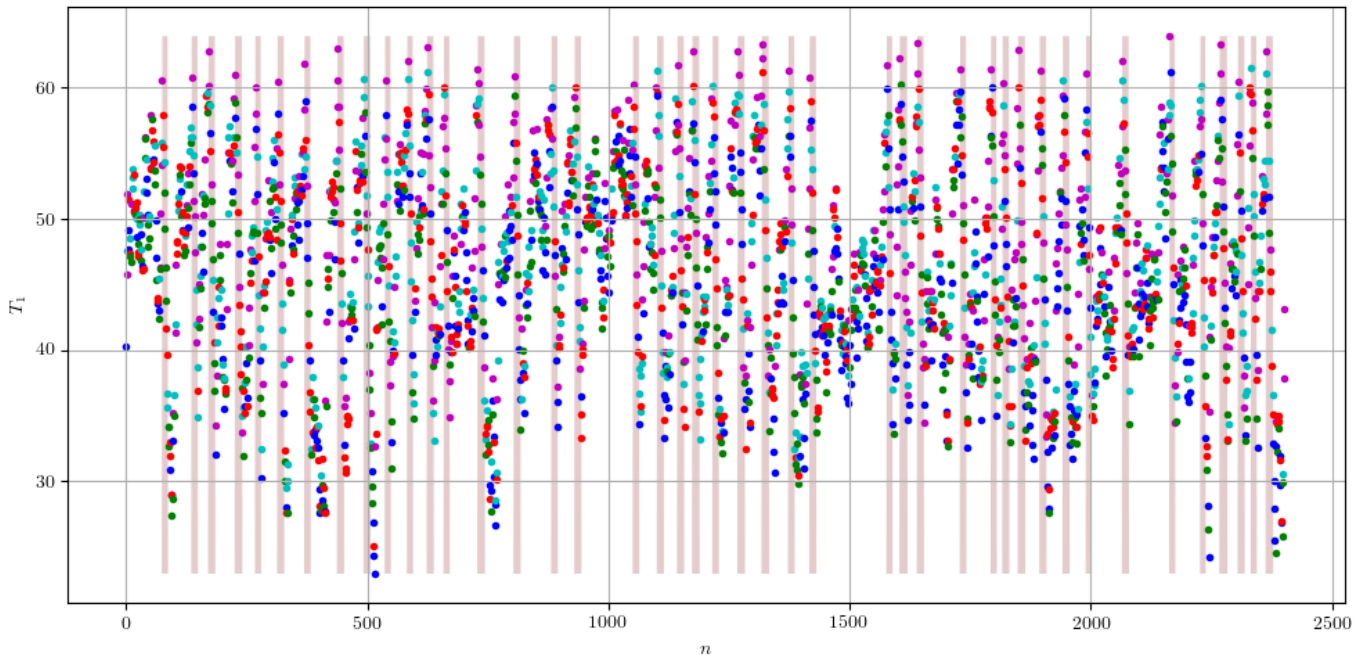


Рис. 1: График временного ряда для температуры первого блока. Цвет каждой точки показывает режим работы системы в следующий отсчет времени (0 - синий, 1 - зелёный, 2 - красный, 3 - голубой, 4 - пурпурный, 5 - желтый, 6 - чёрный). Красная полупрозрачная заливка на фоне соответствует отказу блока.

\*[tsyganov.mv15@physics.msu.ru](mailto:tsyganov.mv15@physics.msu.ru)

†[ermakov.av15@physics.msu.ru](mailto:ermakov.av15@physics.msu.ru)

‡[vasiliev.av15@physics.msu.ru](mailto:vasiliev.av15@physics.msu.ru)

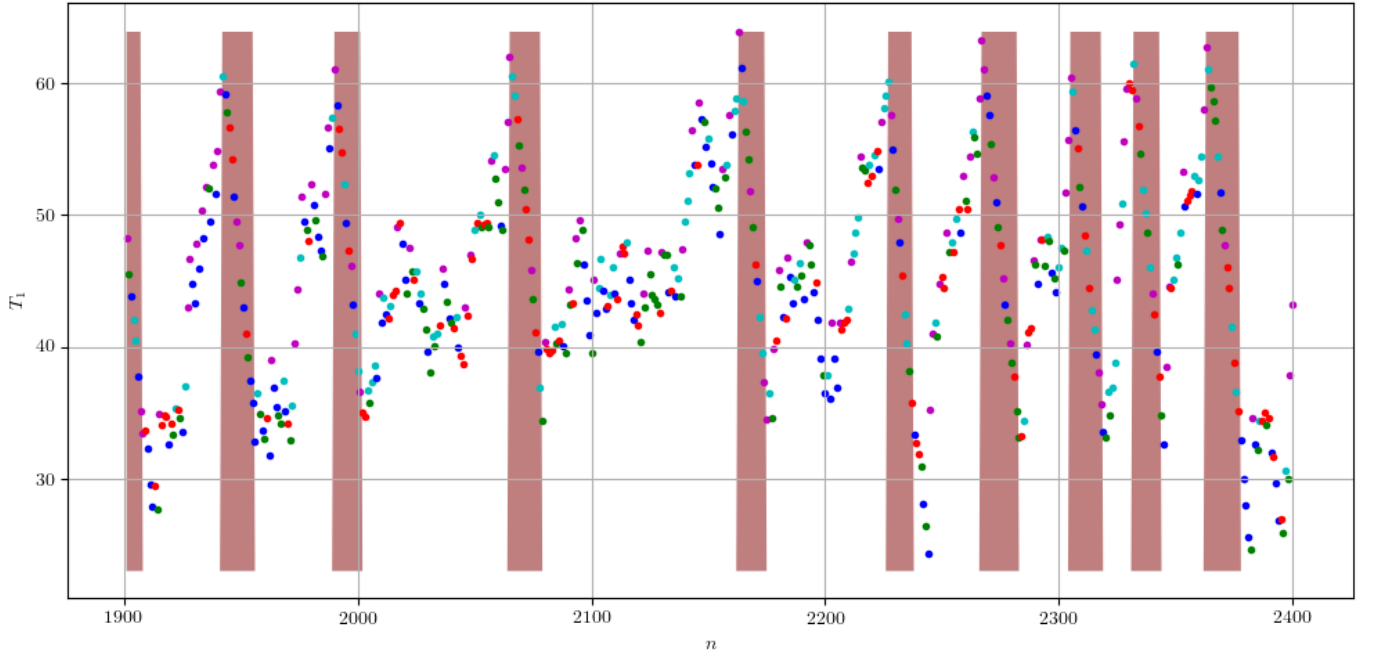


Рис. 2: График отрезка временного ряда за последние 500 отсчетов в датасете для температуры первого блока. Условные обозначения соответствуют предыдущему рисунку.

(Тут нужно написать что-то содержательное про сигнал) Графики для остальных блоков можно посмотреть в [соответствующей директории](#) на странице проекта.

Из визуального анализа данных графиков можно заключить, что существуют пороговые значения температур (примерно одни и те же для всех блоков), при которых блоки перестают работать или вновь включаются.

## 2.2 Автокорреляция и кросскорреляция временных рядов температур блоков

Начнём статистический анализ с изучения автокорреляционных функций для каждого из блоков. Вычисление будет производиться по известной формуле

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{n=1}^{N-\tau} (W_n - \bar{W}) (W_{n+\tau} - \bar{W})}{\sum_{n=1}^N (W_n - \bar{W})^2} \quad (1)$$

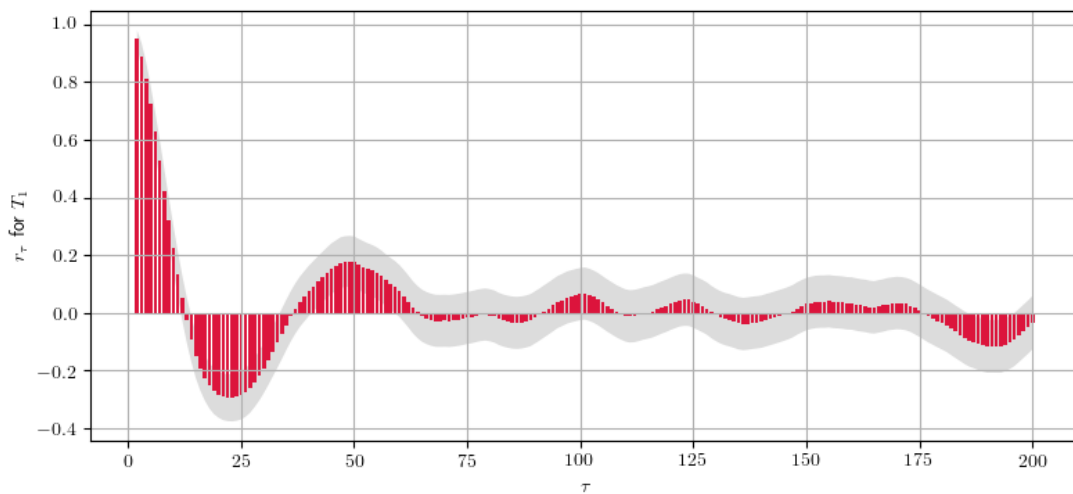


Рис. 3: График автокорреляционной функции для первого блока.  $\tau$  - лаг, по оси ординат ординат величина корреляционной функции. Серым цветом обозначен доверительный интервал со значением 0.8. Данное поведение является типичным для всех блоков.

На графике можно видеть наиболее сильную корреляцию с ближайшими моментами времени, после чего корреляция ослабевает и лежит внутри доверительного интервала в окрестности нуля. Таким образом система не обладает длинной памятью, хотя и на средних значениях лага корреляция является существенной.

Важным моментом является взаимное действие блоков друг на друга. Кросскорреляции блоков вычислялись как конвенциональный коэффициент корреляции Пирсона

$$\rho_{X,Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (2)$$

График кросскорреляции температур блоков представлен на [?]

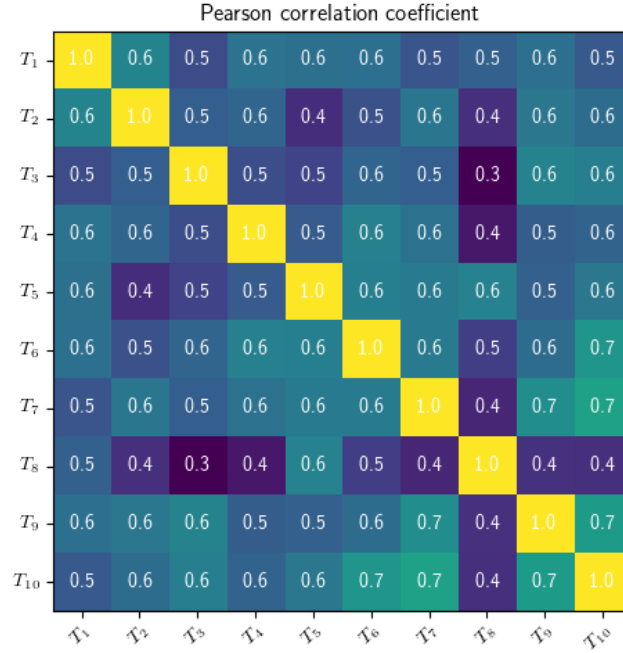


Рис. 4: Таблица со значениями коэффициента корреляции Пирсона для блоков "каждый с каждым".

Можно видеть, что кросскорреляции в данной системе очень сильны. Минимальное значение 0.3 уже является достаточным основанием для заключения о необходимости учёта взаимодействия блоков, не говоря уже о сильно-носкоррелированных блоках. Данный факт делает непродуктивными попытки предсказаний значений ряда для одного из блоков в отдельности от учёта значений рядов других блоков.

### 2.3 Спектральный состав температурных рядов

Для анализа спектров временных рядов было произведено быстрое преобразование Фурье с усреднением по интервалу финитности

$$S_T(\omega) = E \left[ \frac{|X_T(i\omega)|^2}{T_r} \right], \quad (3)$$

где  $T_r$  - интервал финитности, а  $X_T(i\omega)$  - амплитуда преобразования Фурье.

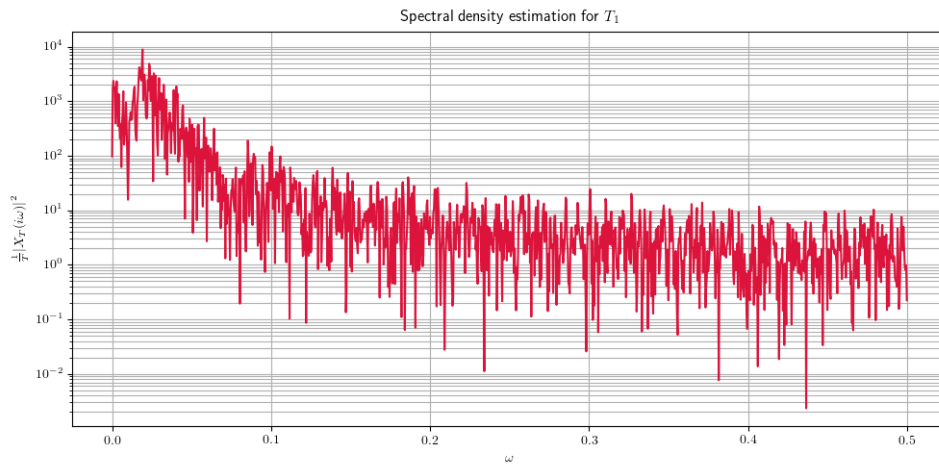


Рис. 5: Периодограмма температуры первого блока.

Явно видно, чтобы сигнал не представляет из себя белый шум, а обладает определёнными частотами, выделенными среди остальных.

## 2.4 Определение порогов включения и отключения для блоков

На основе анализа температур отключения и включения всех десяти блоков были определены средние значения этих величин:

	Temperature	Error
Sleep	61.55	0.06
Wake	33.90	0.03

Таблица 1: Средние значения температур включения и выключения блоков и оценка ошибки среднего арифметического.

Кроме того .

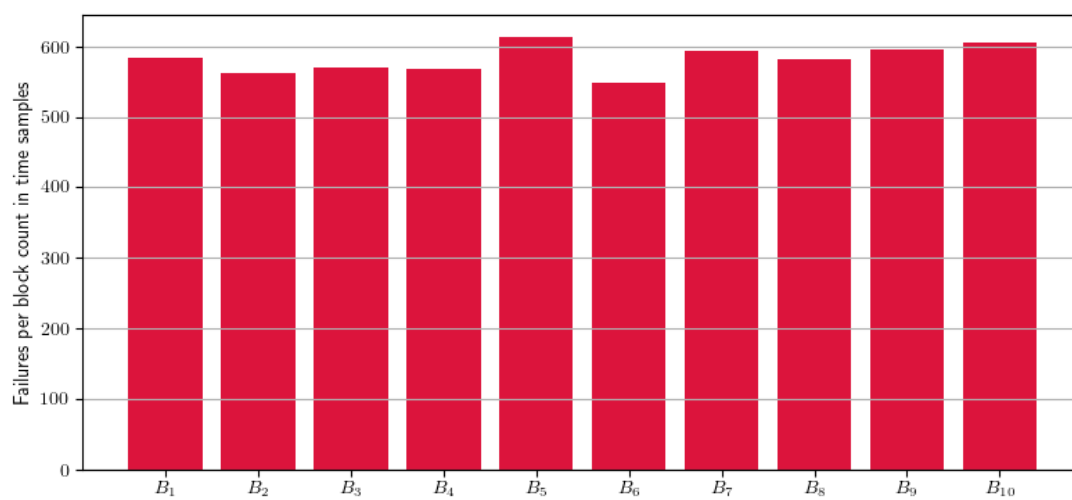


Рис. 6: Число отсчётов, которые провели блоки в режиме отказа.

## 2.5 Восстановление логической схемы работы системы

## 3 Предсказание

## 4 Результаты