



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Московский институт электроники и математики,  
Аспирантская школа по техническим наукам

# **Разработка и исследование методов повышения энергетической эффективности граничных устройств в сети IoT**

Научный руководитель:  
проф., к.т.н., доц. Восков Л.С.

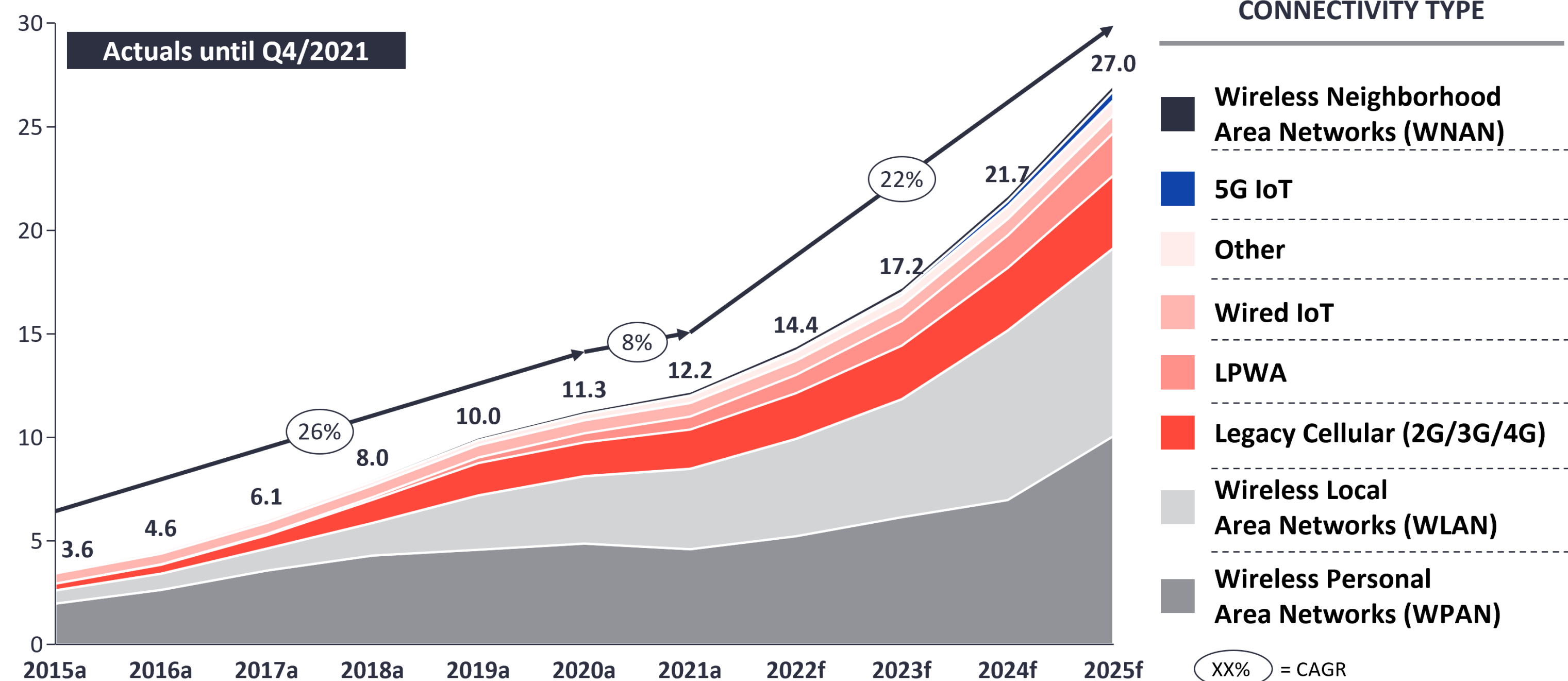
Аспирант 2 г. о.:  
Ильин А.Д.,

Москва, 2023



# Актуальность исследования

Number of global active IoT Connections (installed base) in Bn



## Проблематика

- Протокольные войны, конкурирующие стандарты
- Безопасность и конфиденциальность
- Энергоэффективность
- Требования к система связи
- Хранение и обработка данных.

International Data Corporation (IDC) в своём прогнозе заявляет, что объем данных, сгенерированных подключенными устройствами IoT, к 2025 году составит 73.1 ЗБ.



# Цели и задачи

---

**Цель** исследовательской работы заключается в исследовании и разработке методов, которые, позволят повысить энергетическую эффективность граничных устройств в сети IoT.

## Задачи

1. Аналитический обзор текущих методов повышения энергоэффективности систем IoT.
2. Разработка нового метода повышения эффективности работы граничных IoT устройств.
3. Исследование и экспериментальная проверка предлагаемого метода.

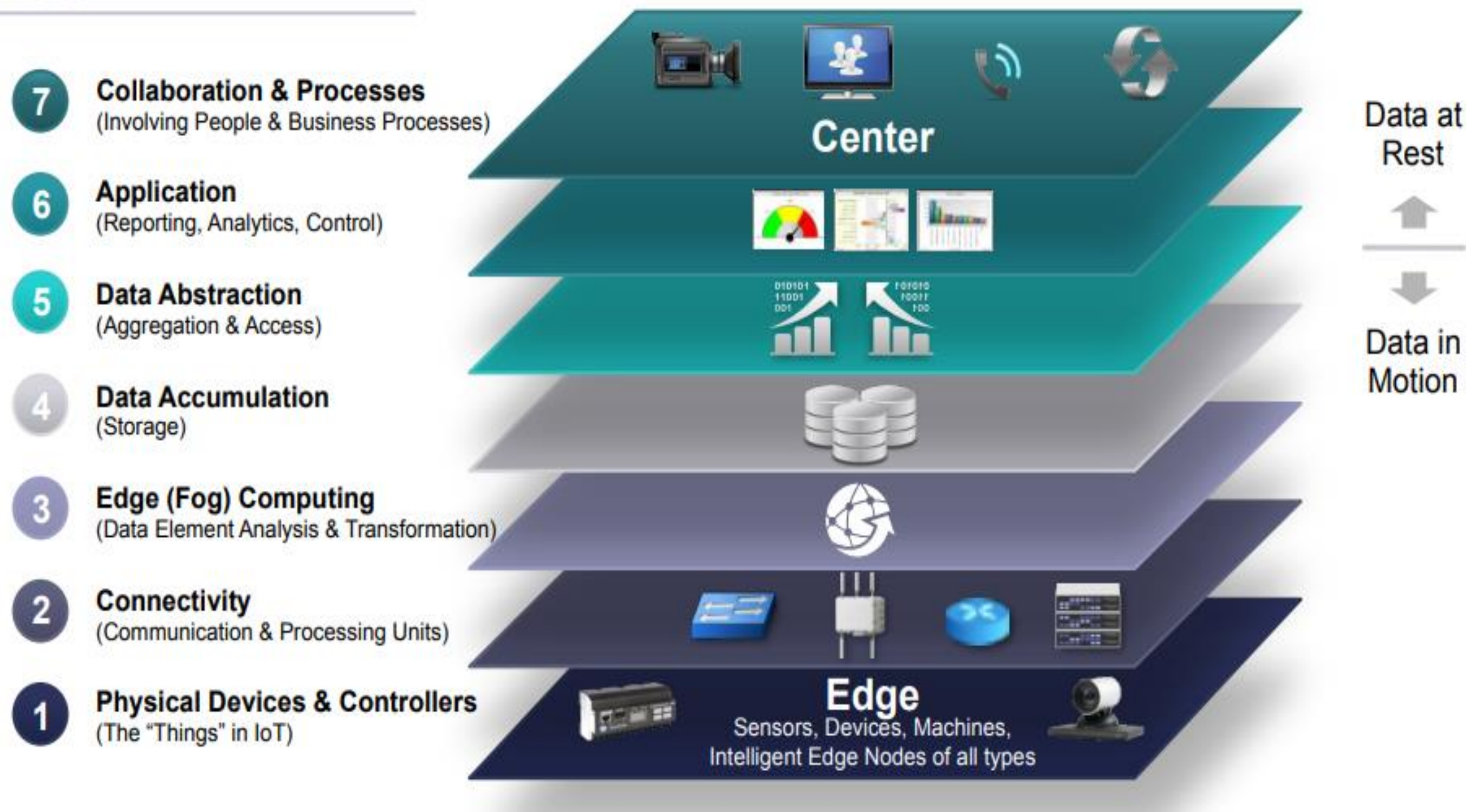




# Архитектура IoT

## Internet of Things Reference Model

Levels



- В предложенной модели IoTWF данные до 4-го уровня передаются по сети со скоростью и организацией, определяемой устройствами, которые генерируют эти данные.



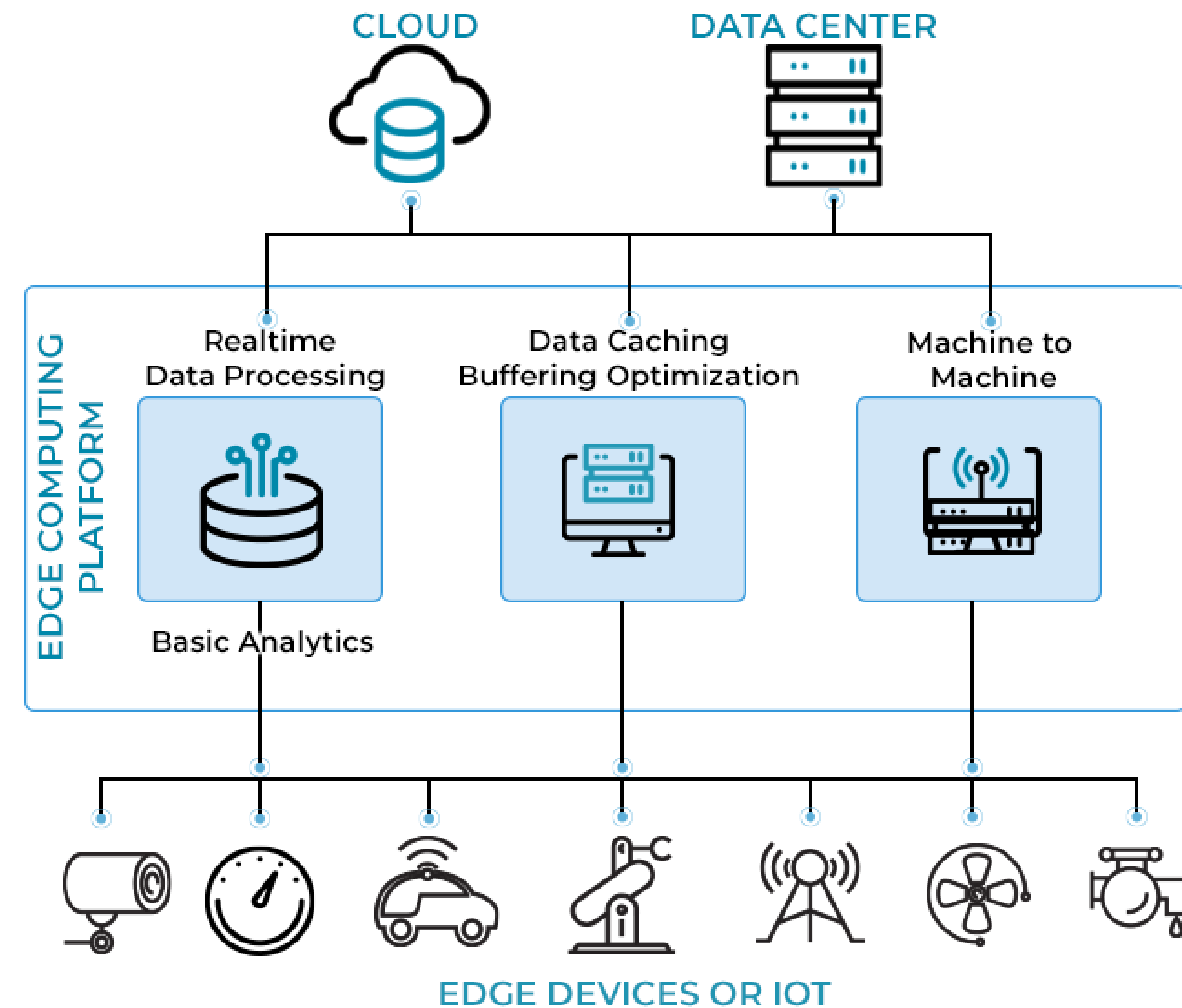
# Децентрализация сетей IoT

## Туманные вычисления:

- Более масштабируемая система, выполняющая первичную обработку данных. Лучшее понимание состояния сети.

## Граничные вычисления:

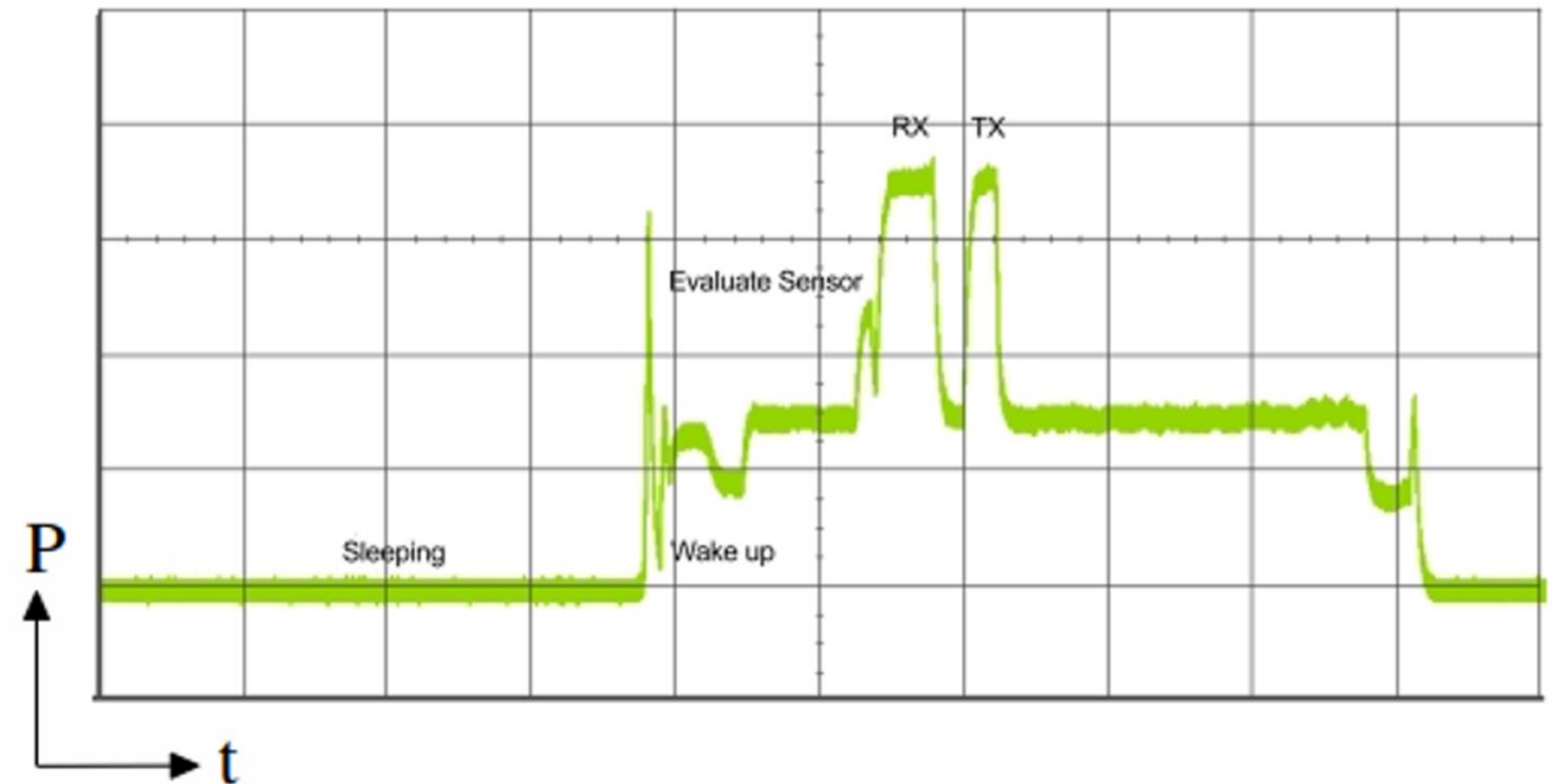
- Устройство работает независимо и определяет какие данные отправлять на сервер для дальнейшего анализа.





# Энергозатраты оконечных устройств IoT

Вычислительные системы в MCU с каждым годом становятся производительнее. Что позволяет внедрять новые методы обработки данных на оконечных устройствах, использующие простые нейронные сети.



Типовой профиль энергопотребления в IoT устройствах



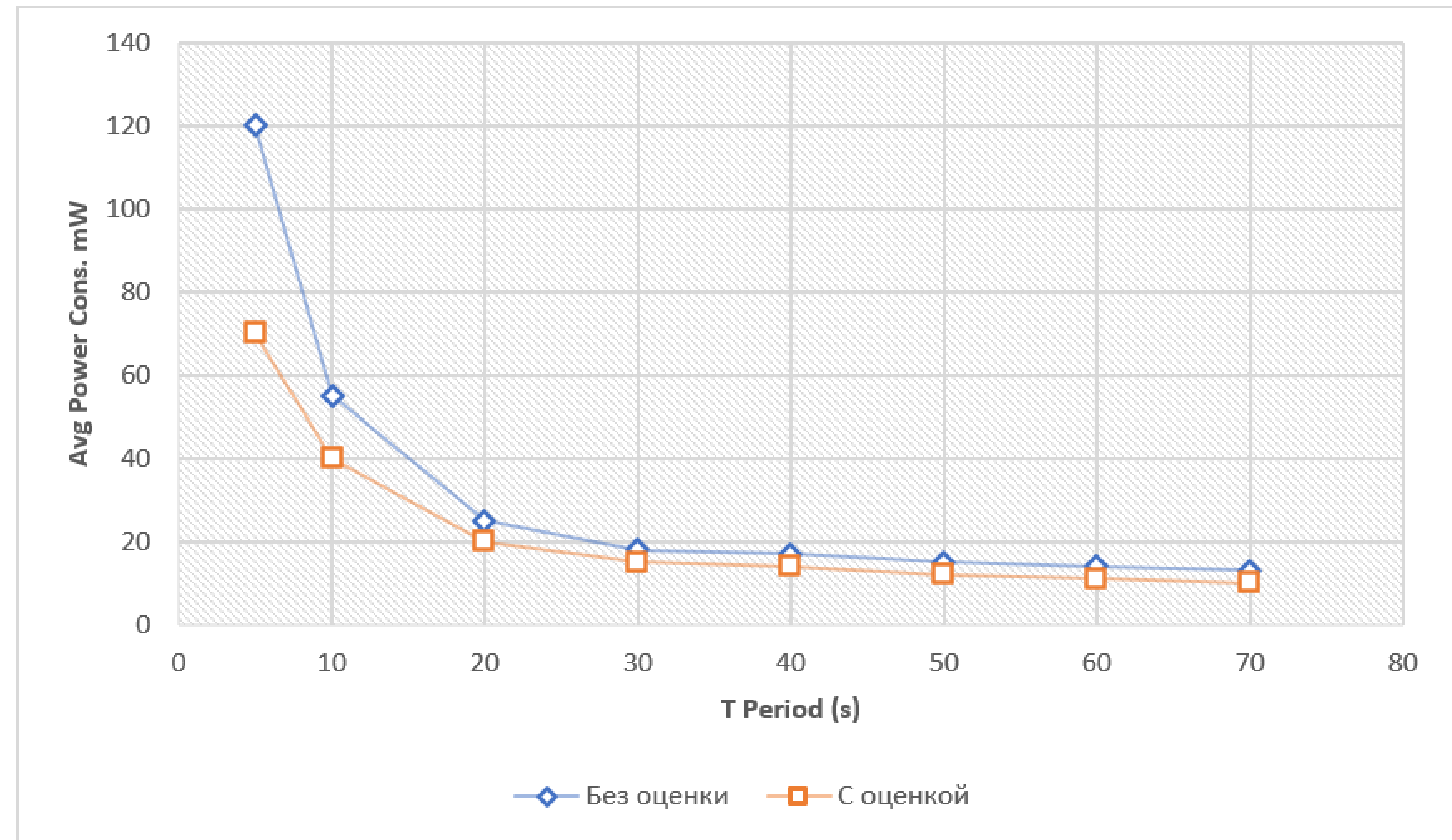
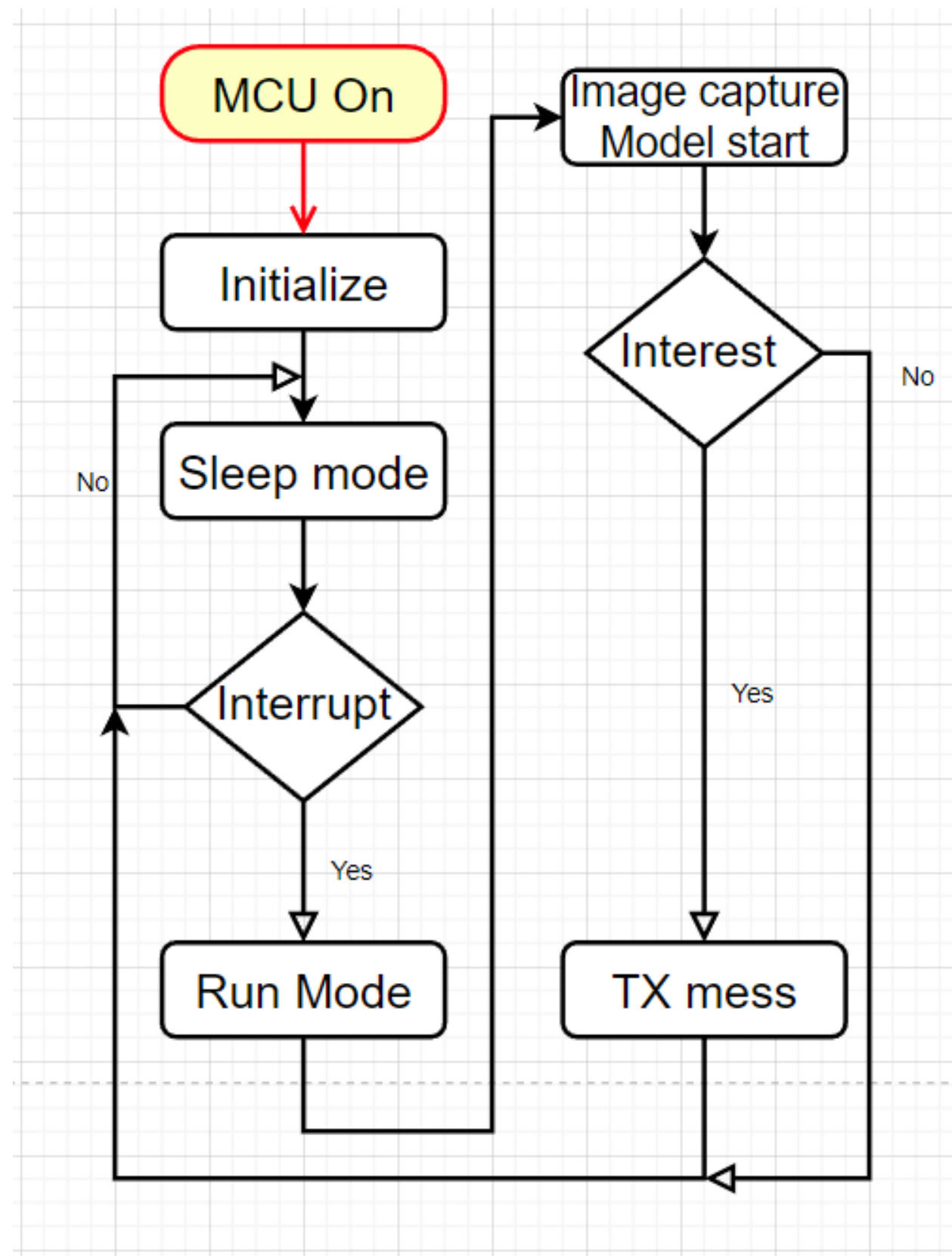


# Энергозатраты систем связи

	Range	Data Rate	Frequency	Power Consumption (active)*
Bluetooth	Up to 100m	3Mbps (EDR)	2.4GHz	115mW
Bluetooth LE	100m+	Up to 2Mbps	2.4GHz	35mW
Zigbee	Up to 100m	250kbps	2.4GHz	120mW
WiFi	50m typical	Up to 1Gbps	2.4GHz and 5GHz	900mW
LoRaWAN	Up to 15km (suburban)	Up to 50kbps	Various	115mW



# Метод повышения энергоэффективности

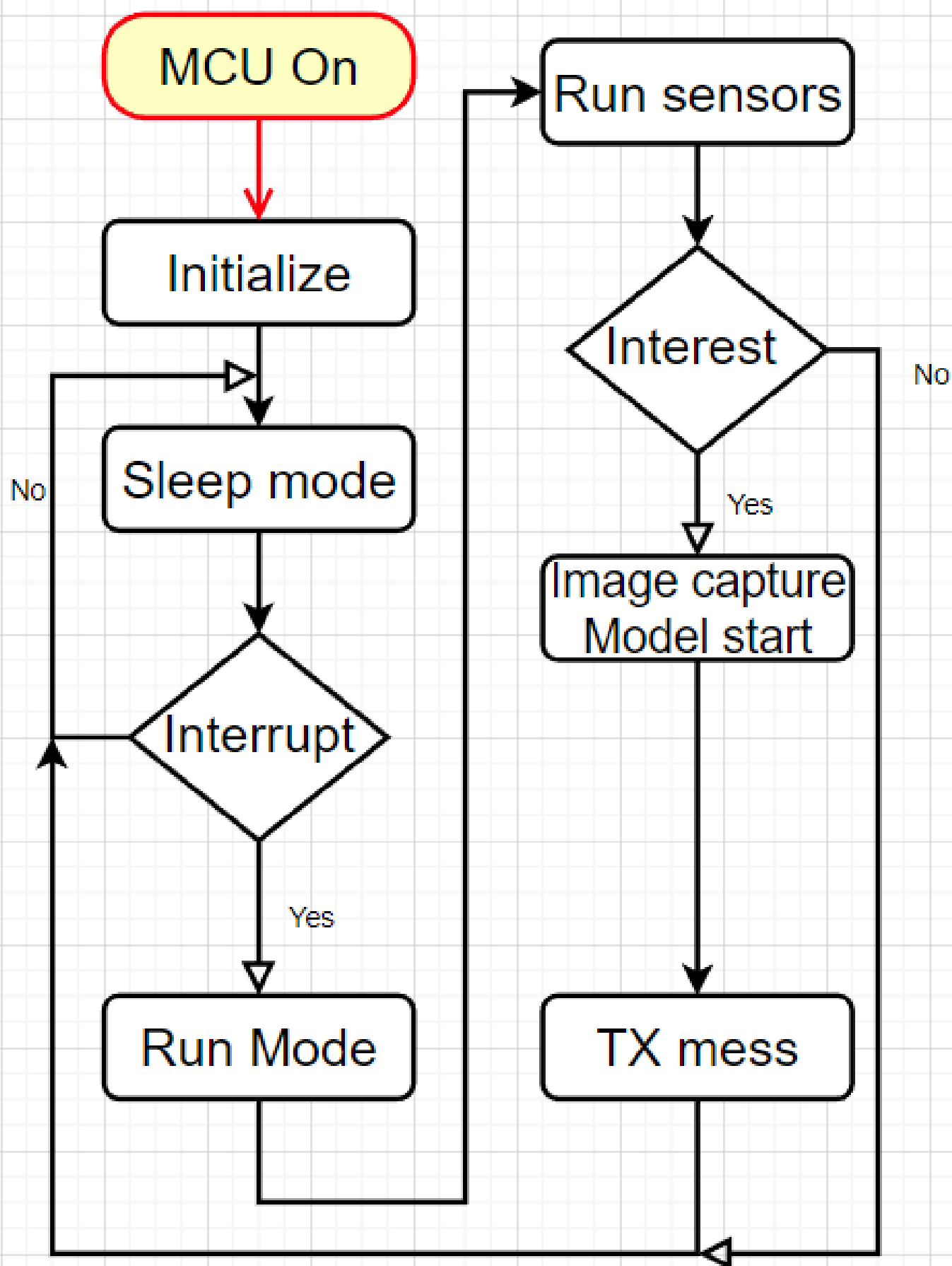


Interest rate 0.2





# Метод повышения энергоэффективности



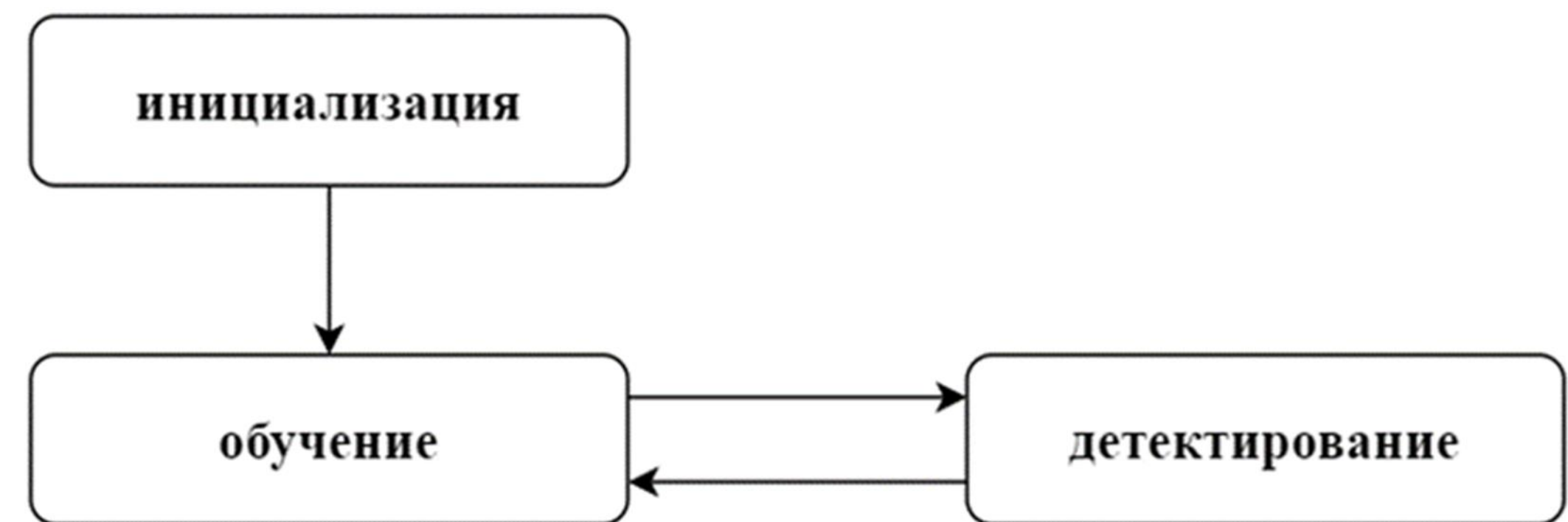
	STM32F7 with Camera			
Operation	Initialize	Capture Image	Recognize Image	TX Image to Gateway
Current Consumption	100 mA	120 mA	120 mA	28 mA
Time required	350 ms	300 ms	60 ms	1000 ms
Power Consumption	260 mW	300 mW	360 mW	250 mW



# Машинное обучение при обработке данных на MCU

## Обучение на самих конечных устройствах

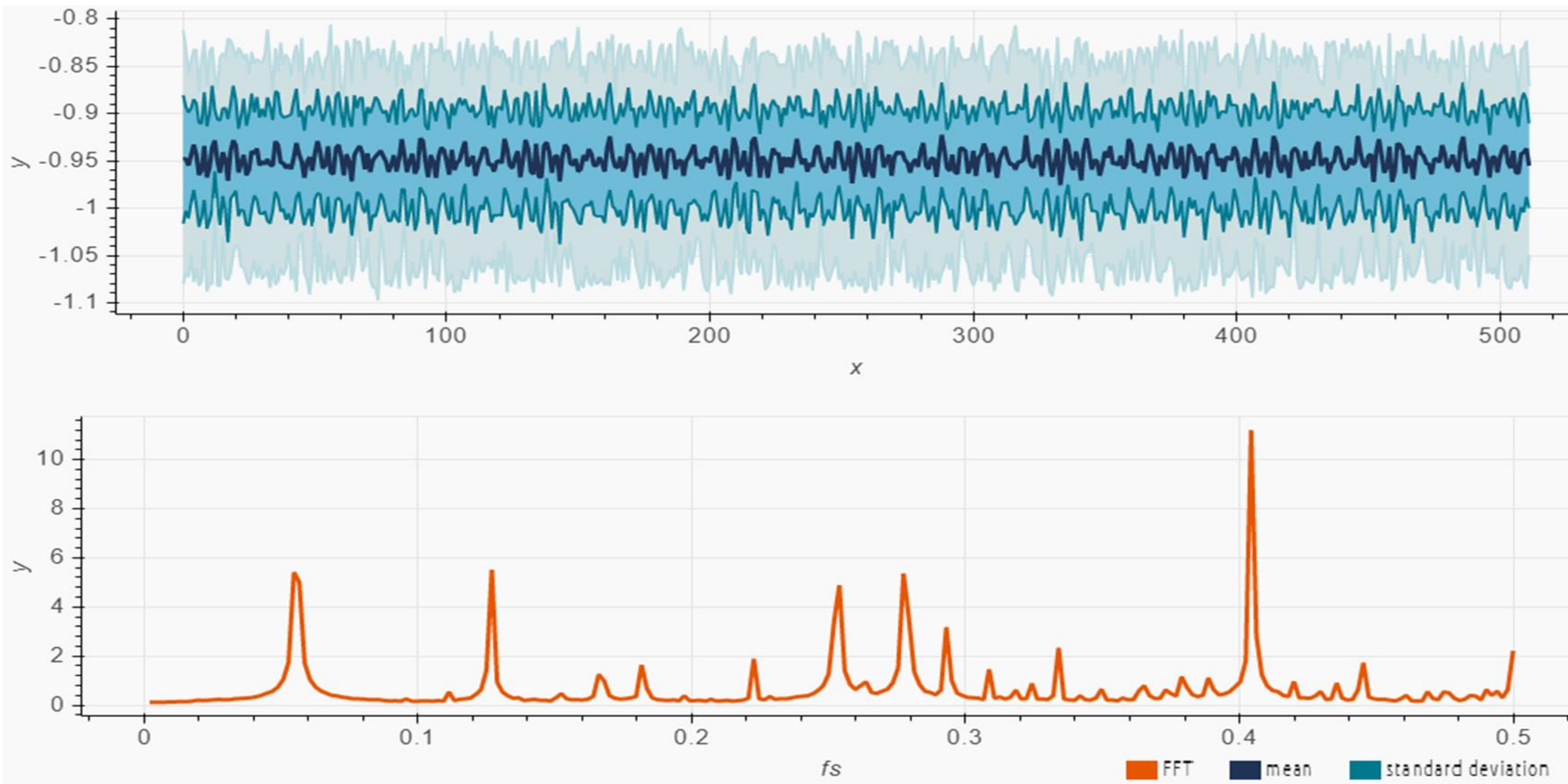
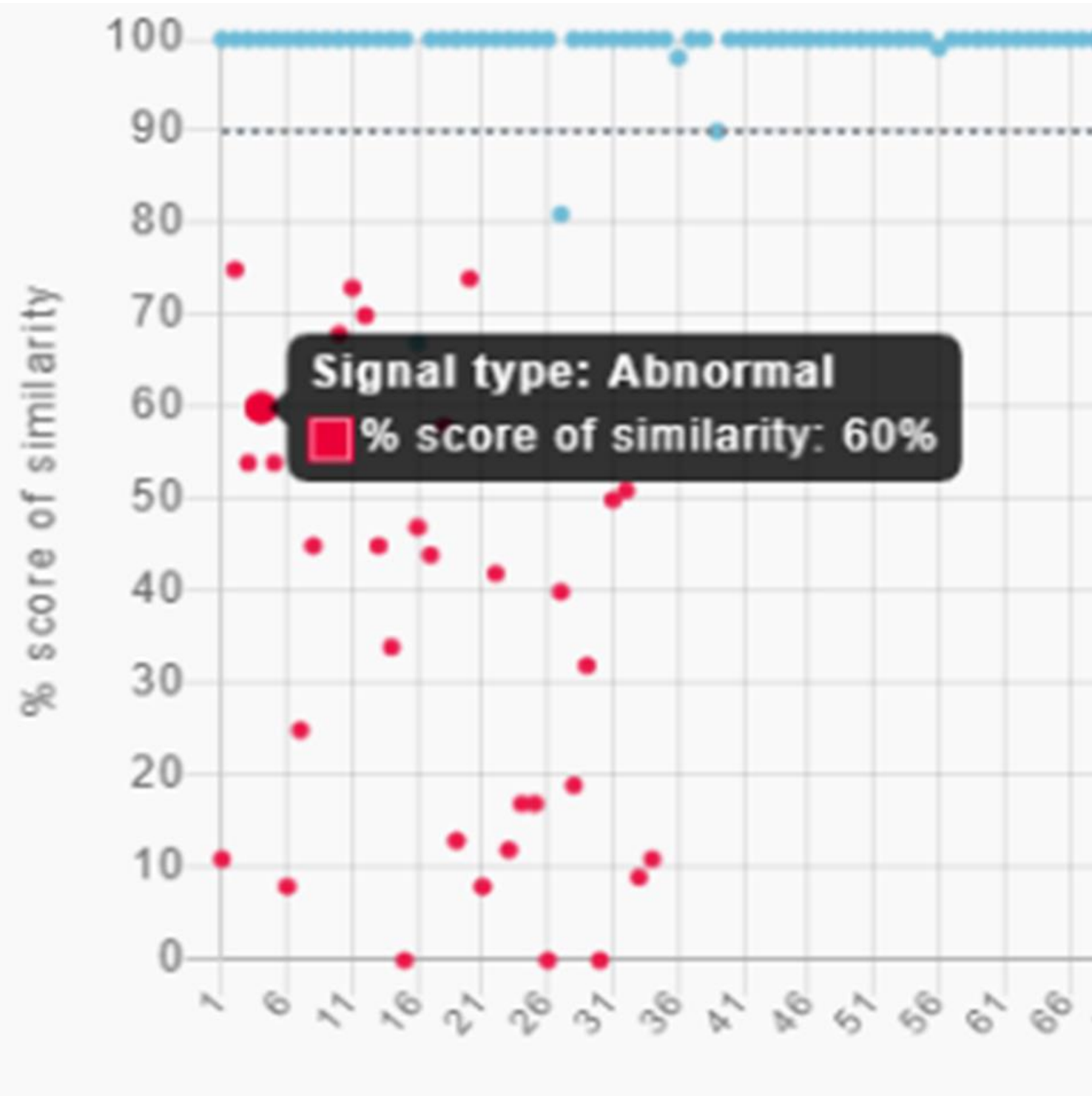
1. Обучение на MCU, позволяет изучить нормальное поведение устройства в его конечной среде.
2. Обновление модели при изменении условий эксплуатации системы.







# Детектирование аномалий и анализ.





# Подведение итогов

---

- Граничные вычисления как перспективное направление развития IoT систем.
- Применение методов машинного обучения на оконечных устройствах как метод повышения их энергоэффективности.





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ