

# Технология восстановления особых областей на основе данных акустической томографии

Гонта Ксения Алексеевна

Научный руководитель:  
д. ф.-м. н., профессор кафедры системного программирования СПбГУ  
Граничин О. Н.

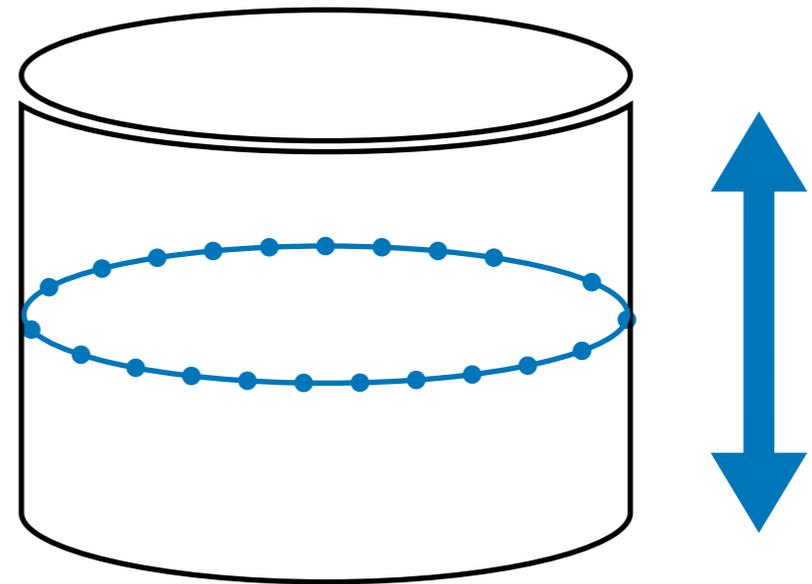
Рецензент: к. ф.-м. н., старший научный сотрудник ИПМаш РАН  
Иванский Ю. В.

Санкт-Петербургский Государственный Университет  
Кафедра системного программирования  
10 июня 2019г.

# Акустическая томография

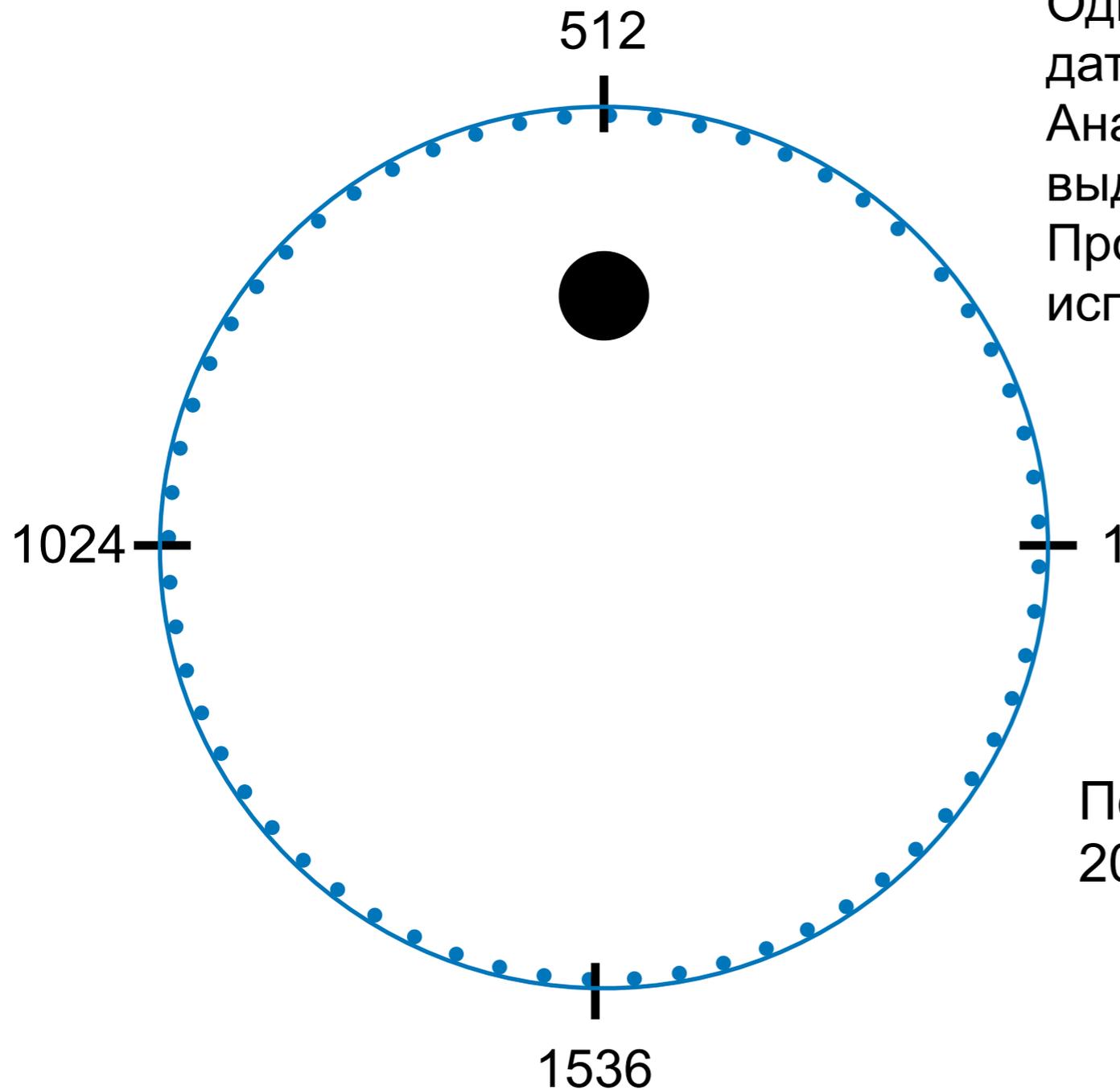
- Акустическая томография — это метод получения послойного изображения внутренней структуры объекта посредством просвечивания объекта акустическими волнами в различных направлениях.

# Устройство аппарата



2048 датчиков

# Данные одного слоя



Один датчик испускает сигнал и все датчики принимают сигнал.  
Аналогово-цифровой преобразователь выдает 3075 значений.  
Процедура повторяется для всех 2048 испускающих датчиков.

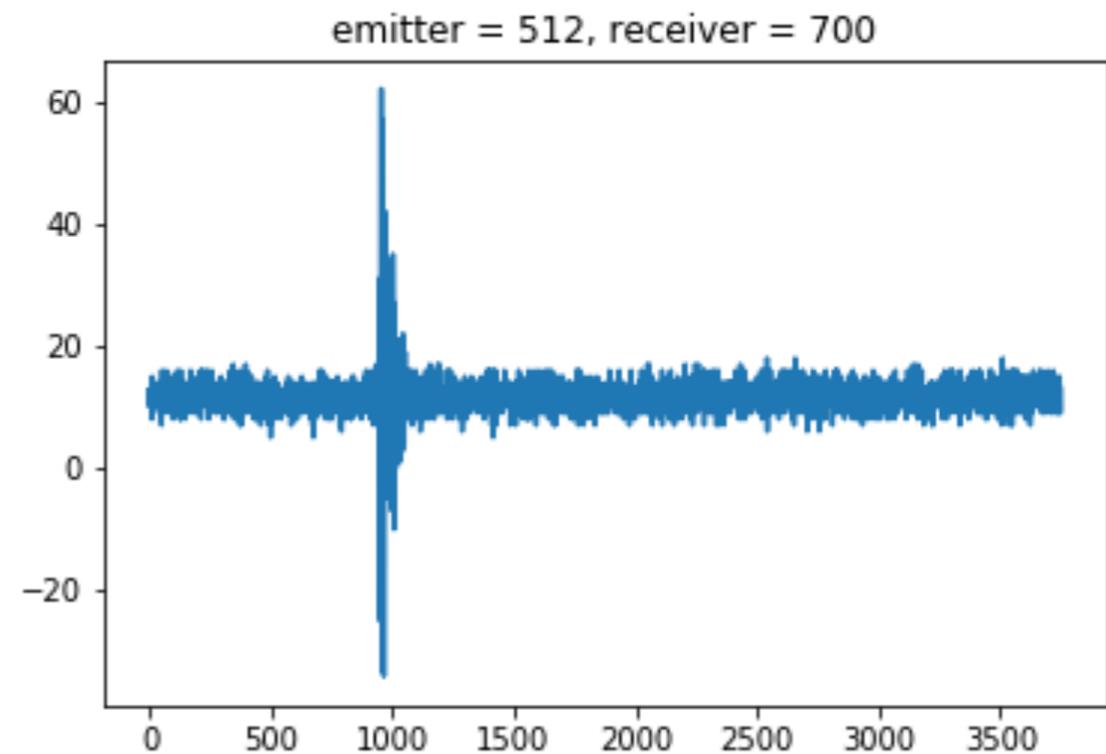
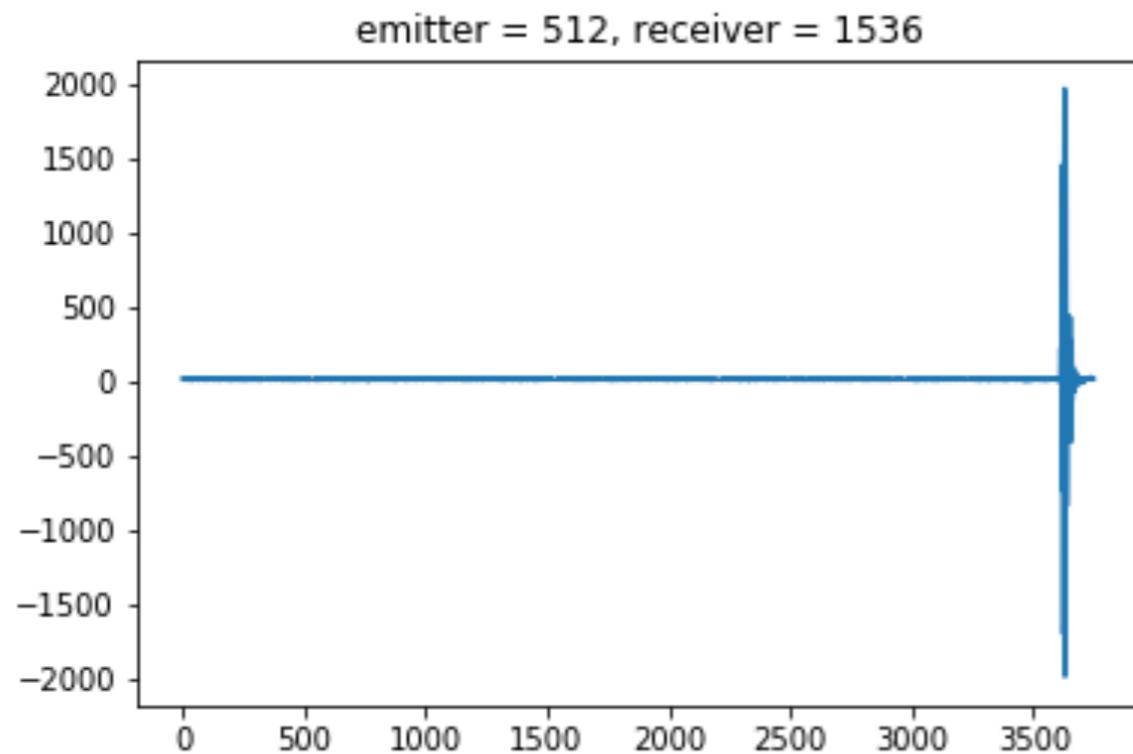
Показания одного слоя содержат  $2048 * 2048 * 3075$  значений.

# Среднее значение скорости звука в различных тканях

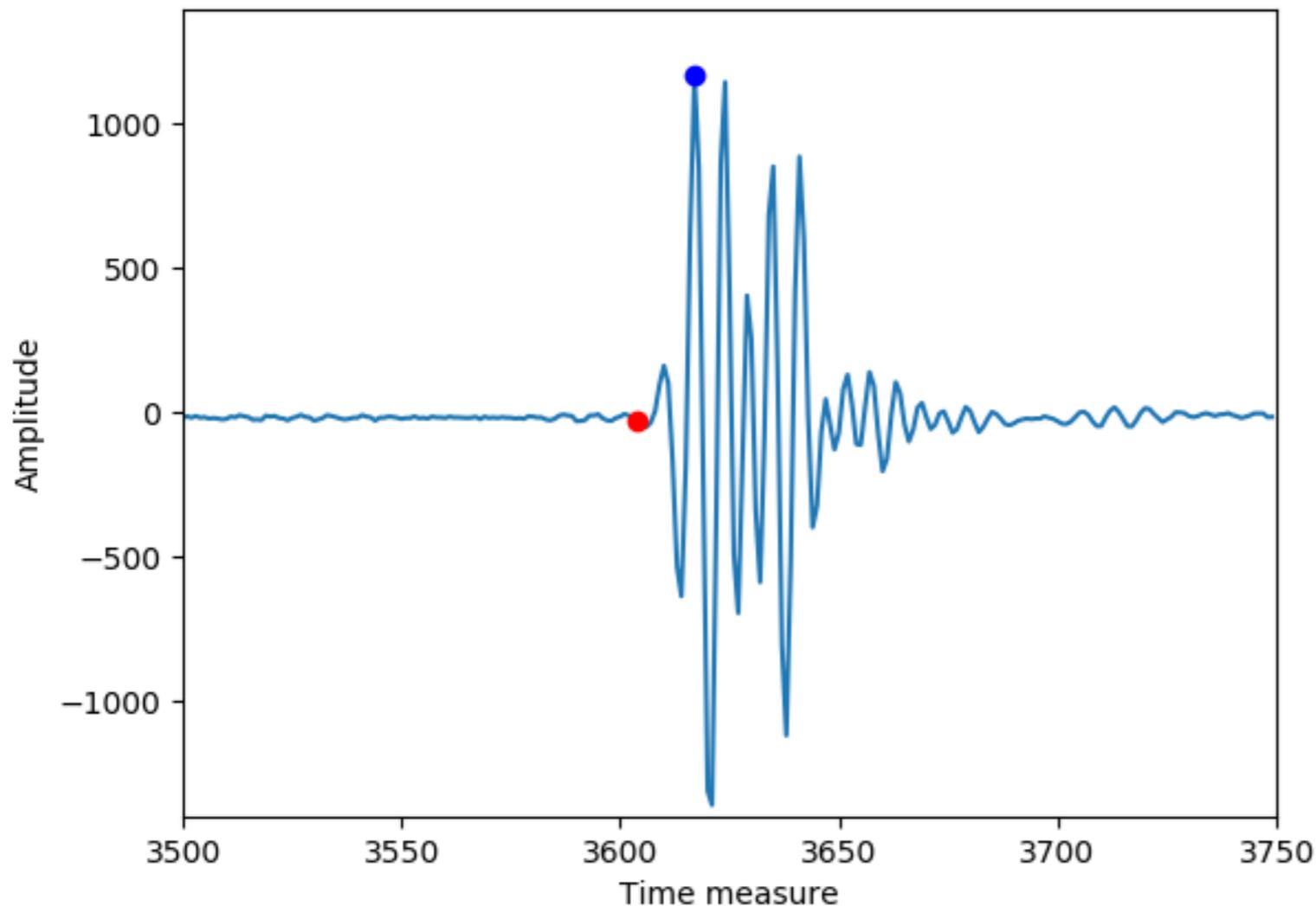
Ткань	Среднее значение скорости звука (м/с)
Жир	1478
Молочная железа	1510
Доброкачественная опухоль	1513
Злокачественная опухоль	1548
Среднее значение жира и молочной железы в пременопаузе	1468
Среднее значение жира и молочной железы в постменопаузе	1510
Паренхима молочной железы	1487
Киста молочной железы	1568
Фиброаденома молочной железы	1584

# Время прихода сигнала (Time-of-Flight)

Типовые значения показаний на принимающих датчиках:



# Время прихода сигнала (Time-of-Flight)



Красным: ToF  
Синим: время прихода  
максимальной  
амплитуды

Типовой график значений амплитуд на датчике

# Цель работы

Разработка прототипа системы восстановления особых областей на основе данных акустической томографии.

Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- Разработать архитектуру решения
- Провести анализ экспериментальных данных
- Реализовать прототип системы восстановления особых областей

# Восстановление особых областей



# Информационный критерий Акаике

$k = 1, \dots, N$ , где  $N$  – количество показаний в окне

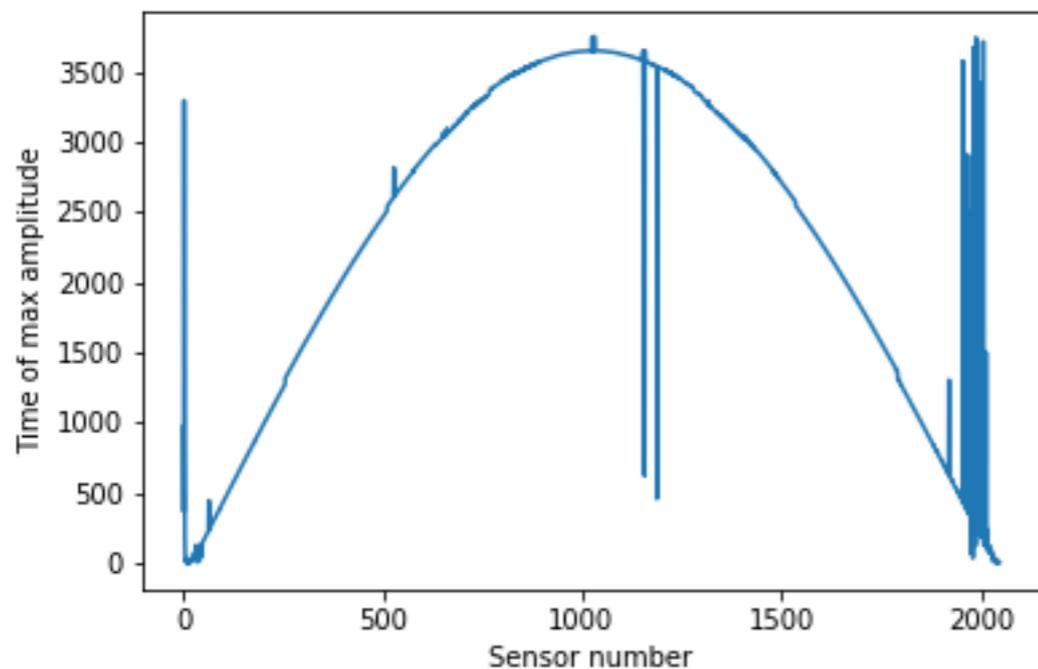
$$AIC(k) = k * \log(\text{var}(S(1, k))) + (N - k - 1) * \log(\text{var}(S(k + 1, N)))$$

$$\text{var}(S(i, j)) = \delta_{j-1}^2 = 1/(j - 1) * \sum_{l=i}^j (S(l, l) - \bar{S})^2, i \leq j; i, j = 1..N$$

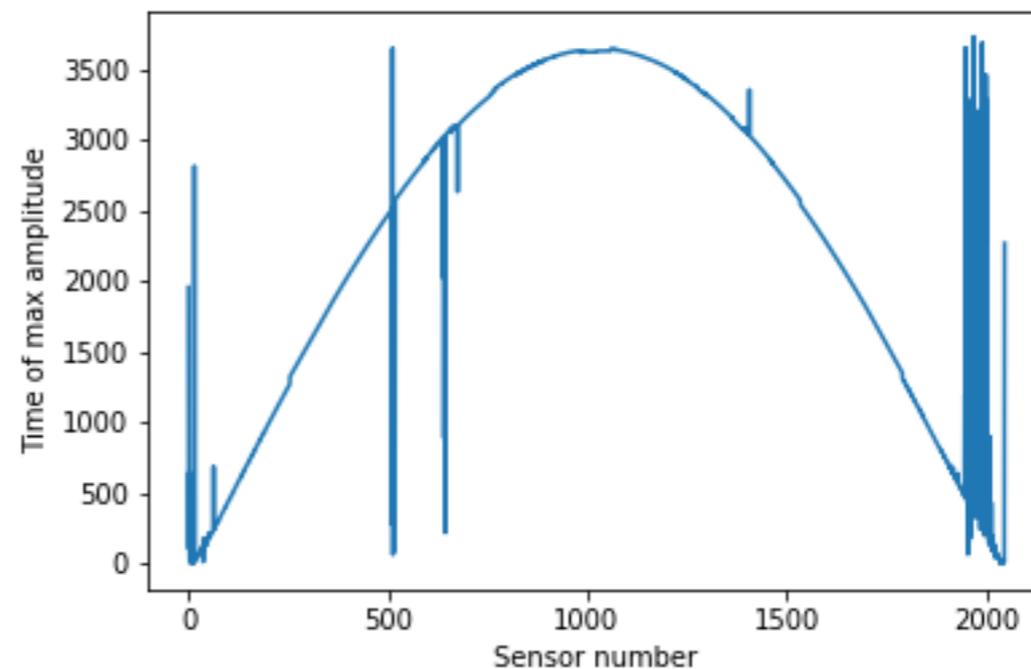
$\bar{S}$  – среднее значение  $S(i, j)$  – сигнала на промежутке от  $i$  до  $j$

Точка минимума АИС выбирается в качестве искомого ToF

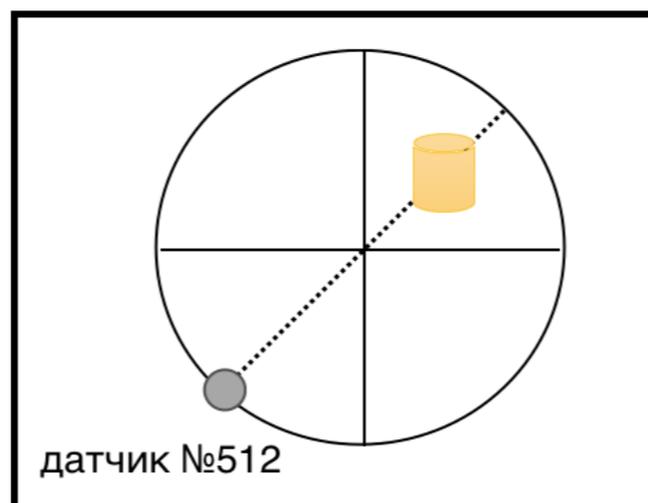
# Графики тактов прихода максимальной амплитуды



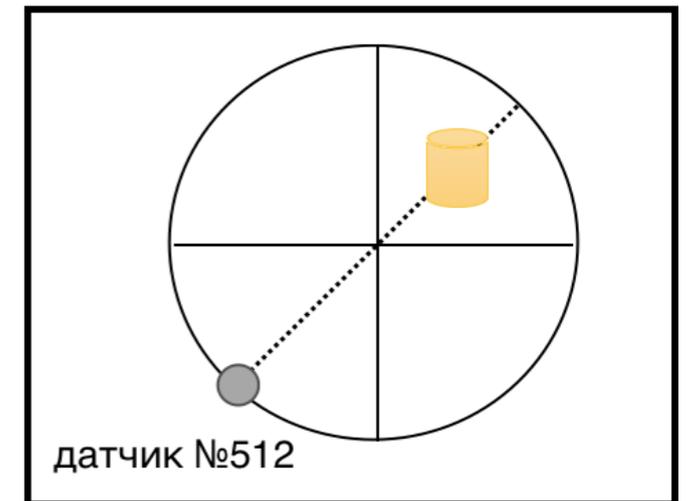
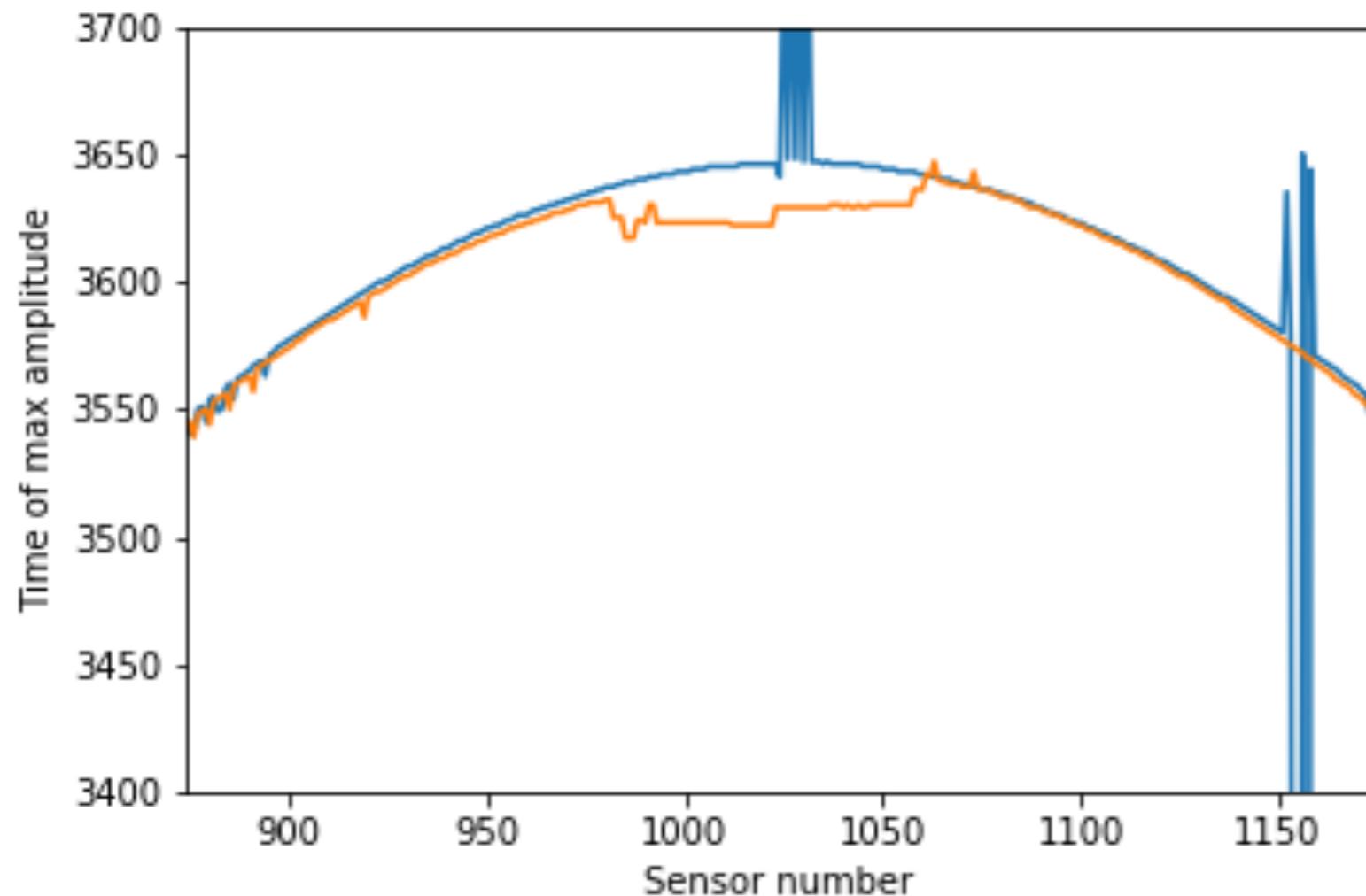
При испускании из датчика №1



При испускании из датчика №513



# Графики тактов прихода максимальной амплитуды



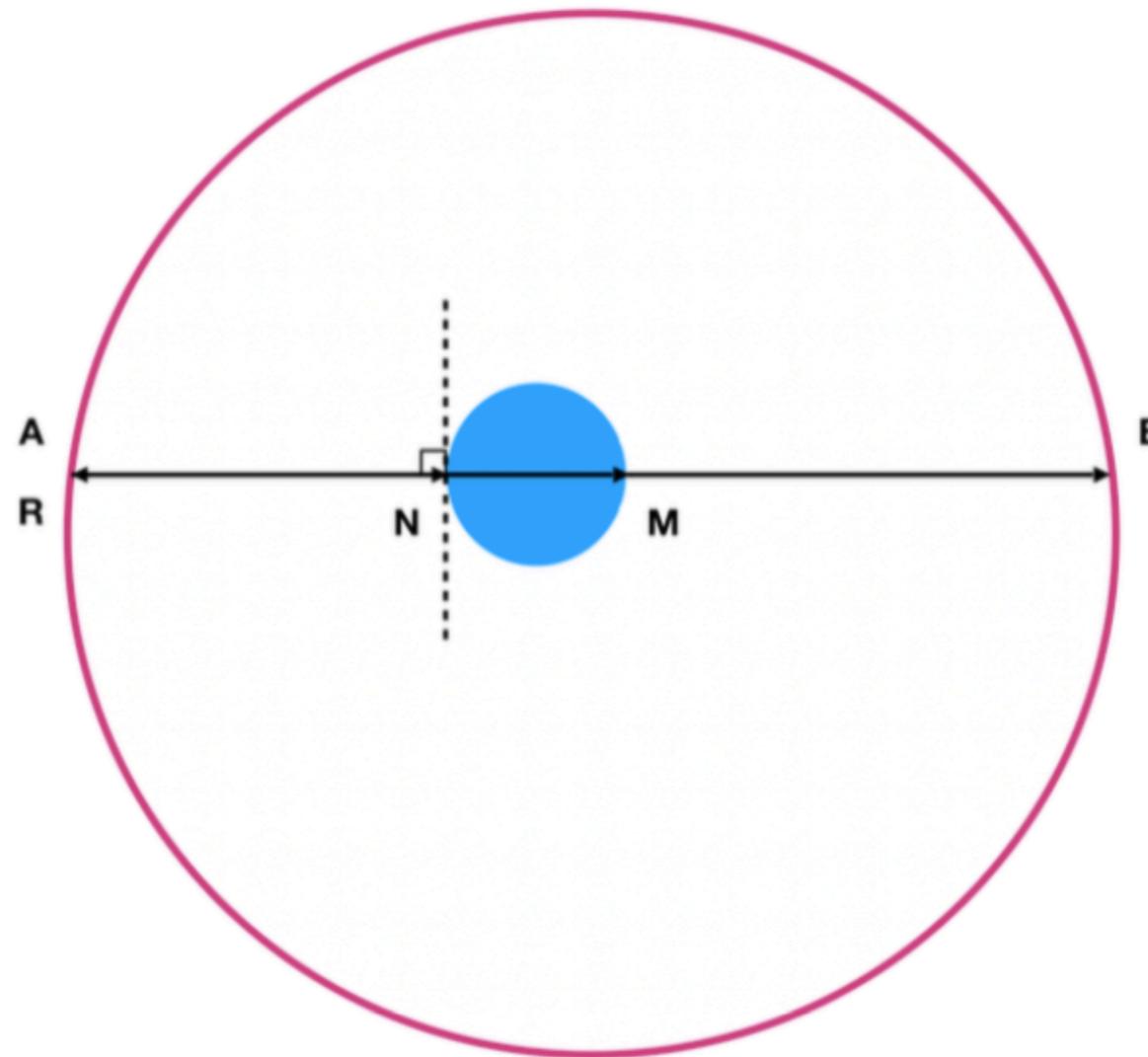
**Синий:** при испускании из датчика №1  
**Оранжевый:** при испускании из датчика №513

# Построение карты препятствий

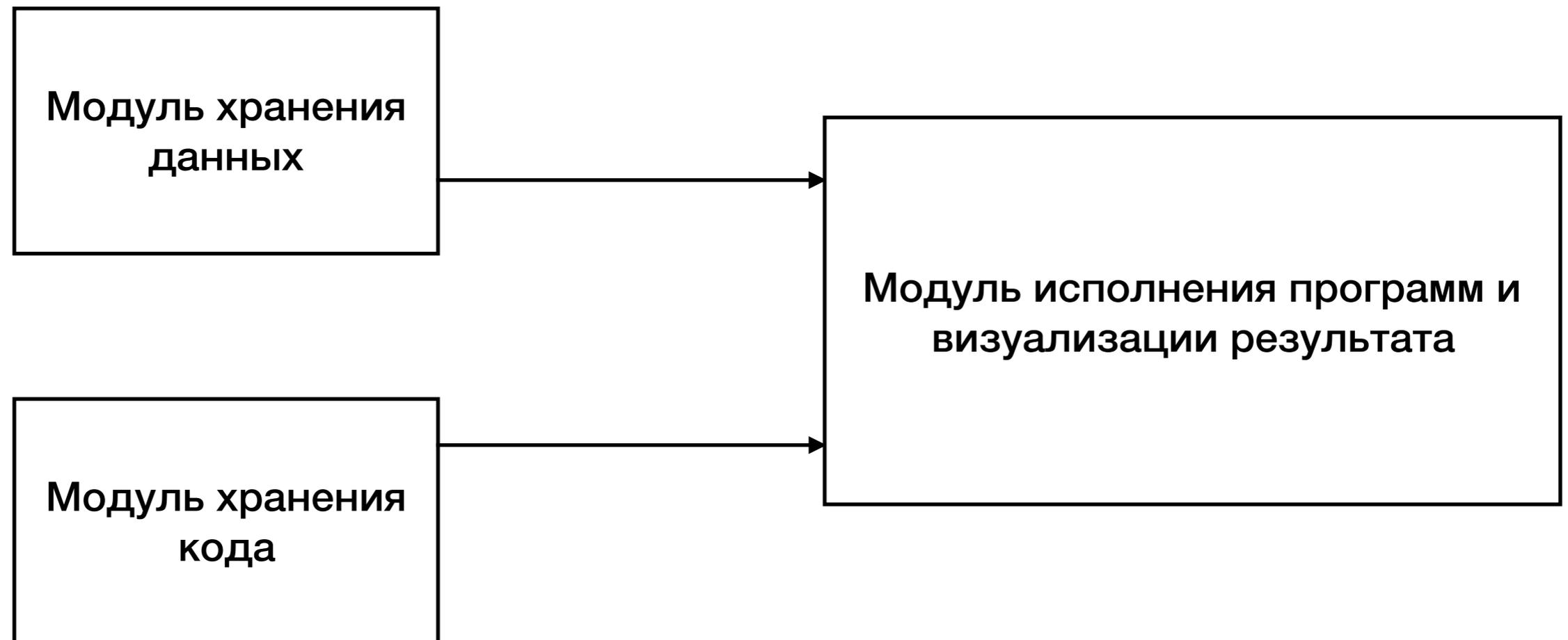
1. Задать массив значений пикселя восстановленного изображения, заполнить его нулями
2. Выбрать испускающий датчик, который еще не рассматривался
3. Для всех принимающих датчиков сравнить ожидаемое время прихода сигнала и фактическое
4. В случае, если время различается более чем на заранее заданную константу, увеличить значение пикселей, лежащих на прямой между испускающим и принимаемым датчиком
5. Повторить шаги 2–4 для всех испускающих датчиков
6. Во всех пикселях провести отсечение по заранее определенному порогу

# Вычисление скоростей

Случай падения луча на объект под прямым углом:



# Компоненты системы



# Хранение данных

- **Особенности:**  
Большой объем исследуемых данных — один слой эксперимента занимает 32Гб.
- **Реализация:**  
FTP-сервер с авторизованным доступом.

# Хранение кода

- **Особенности:**  
Разработка на языке Python.  
Необходимость совместного доступа.
- **Реализация:**  
Распределенная система управления версиями Git.

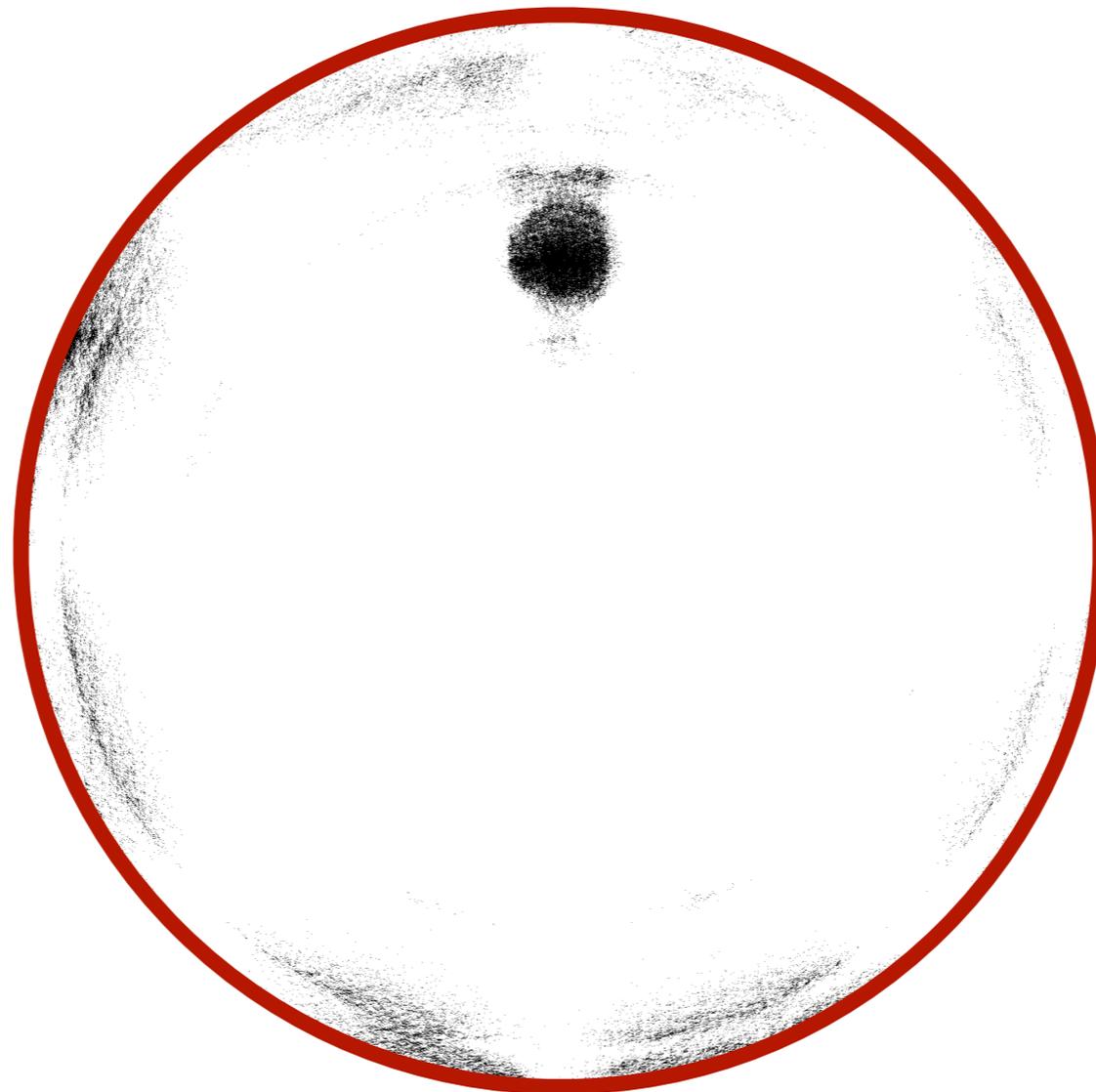
# Визуализация результата восстановления особых областей

DSM-платформа для диаграммных языков

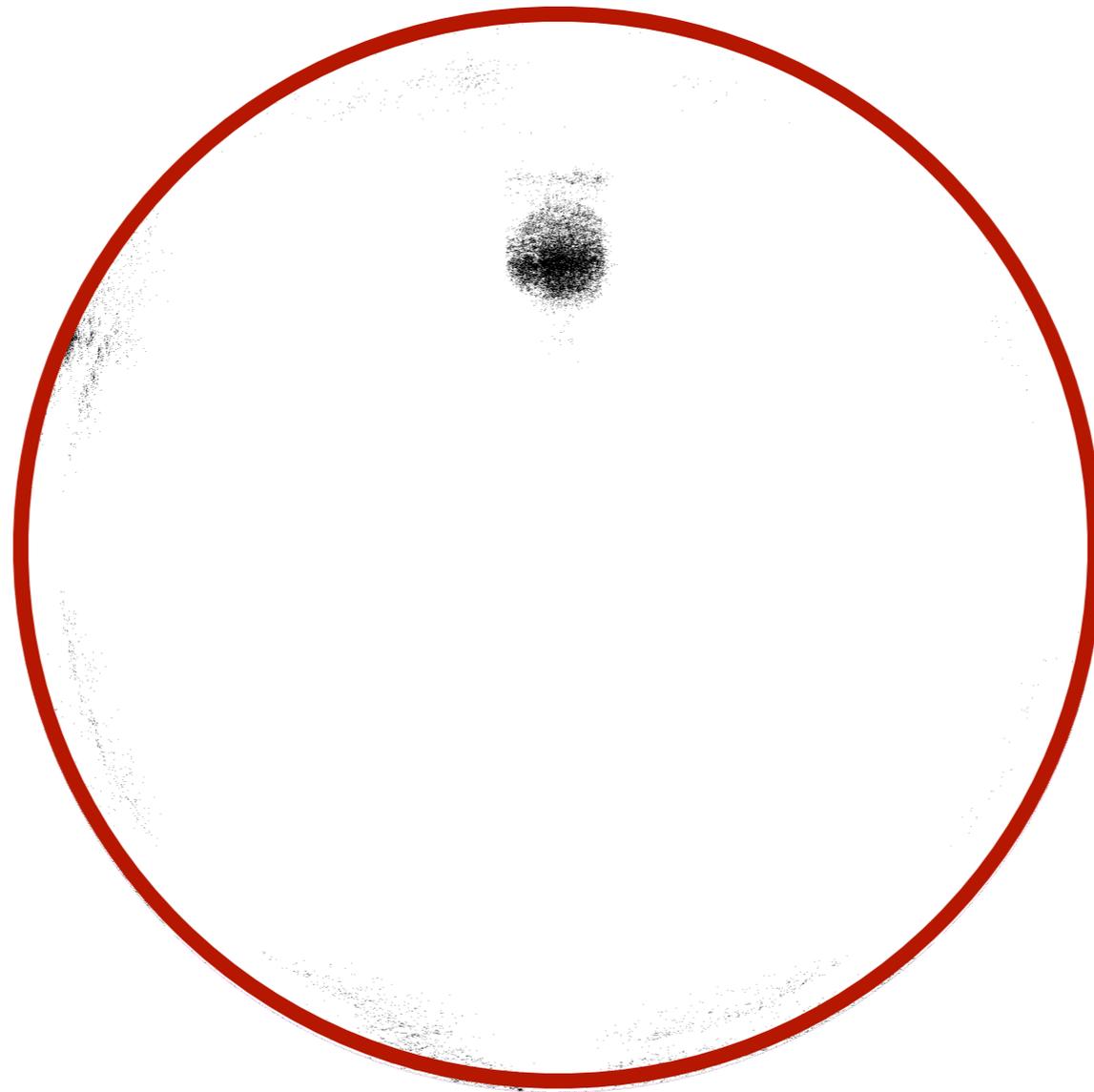
The screenshot displays the DSM platform interface. At the top, there is a menu bar with options: final, New, Save, Save As, Open. The main workspace is divided into three sections:

- Left Panel (Node Details):** Lists three nodes with their properties:
  - Node: create\_sensors\_img** (highlighted in yellow): Status: Completed, Output: [icon].
  - Node: show\_sensor\_img** (highlighted in cyan): Status: Completed, Output: [icon].
  - Node: image\_reconstruction** (highlighted in pink): Signature: (SensorData, WaterData, SensorImg) -> Img, Status: Completed, Output: [icon].
  - Node: show\_img** (highlighted in cyan): Signature: (Img) -> png, Status: Completed, Output: [icon].
- Center Panel (Flowchart):** A diagram showing the execution flow:
  - A **context** node (pink) connects to **read\_tof\_experiment** (yellow) and **read\_tof\_water** (yellow).
  - read\_tof\_experiment** connects to **sensor\_coord\_comp** (pink).
  - read\_tof\_water** connects to **image\_reconstruction** (pink).
  - sensor\_coord\_comp** connects to **create\_sensors\_img** (yellow).
  - image\_reconstruction** connects to **show\_img** (cyan).
  - create\_sensors\_img** connects to **show\_sensor\_img** (cyan).
- Right Panel (Library):** A search bar and a list of components:
  - Sensors:** sensor\_coord\_comp : (DevContext) -> SensorXY
  - Executors:** image\_reconstruction : (SensorData, WaterData, SensorImg) -> Img
  - Initializers:** context : () -> DevContext
- Output Window:** A window titled "Output" showing a grayscale image of a sphere with a dark spot at the top, representing the result of the image reconstruction process.

# Апробация: построение карты препятствий

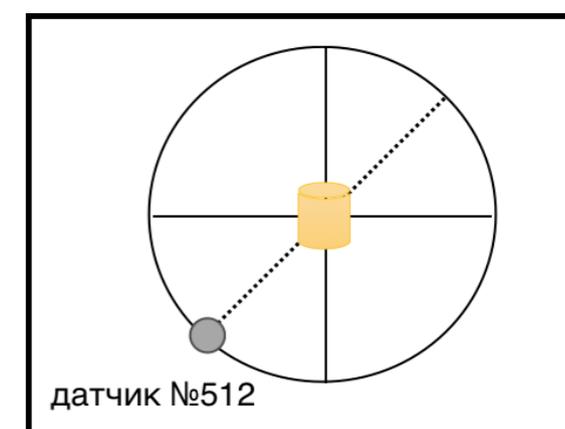


# Апробация: построение карты препятствий



# Апробация: расчёт значения скорости звука в объекте

Испускающий датчик	Принимающий датчик	Скорость звука в объекте
15	1039	1609.33264
33	1057	1607.26334
1000	2024	1609.33264
1700	676	1609.33264

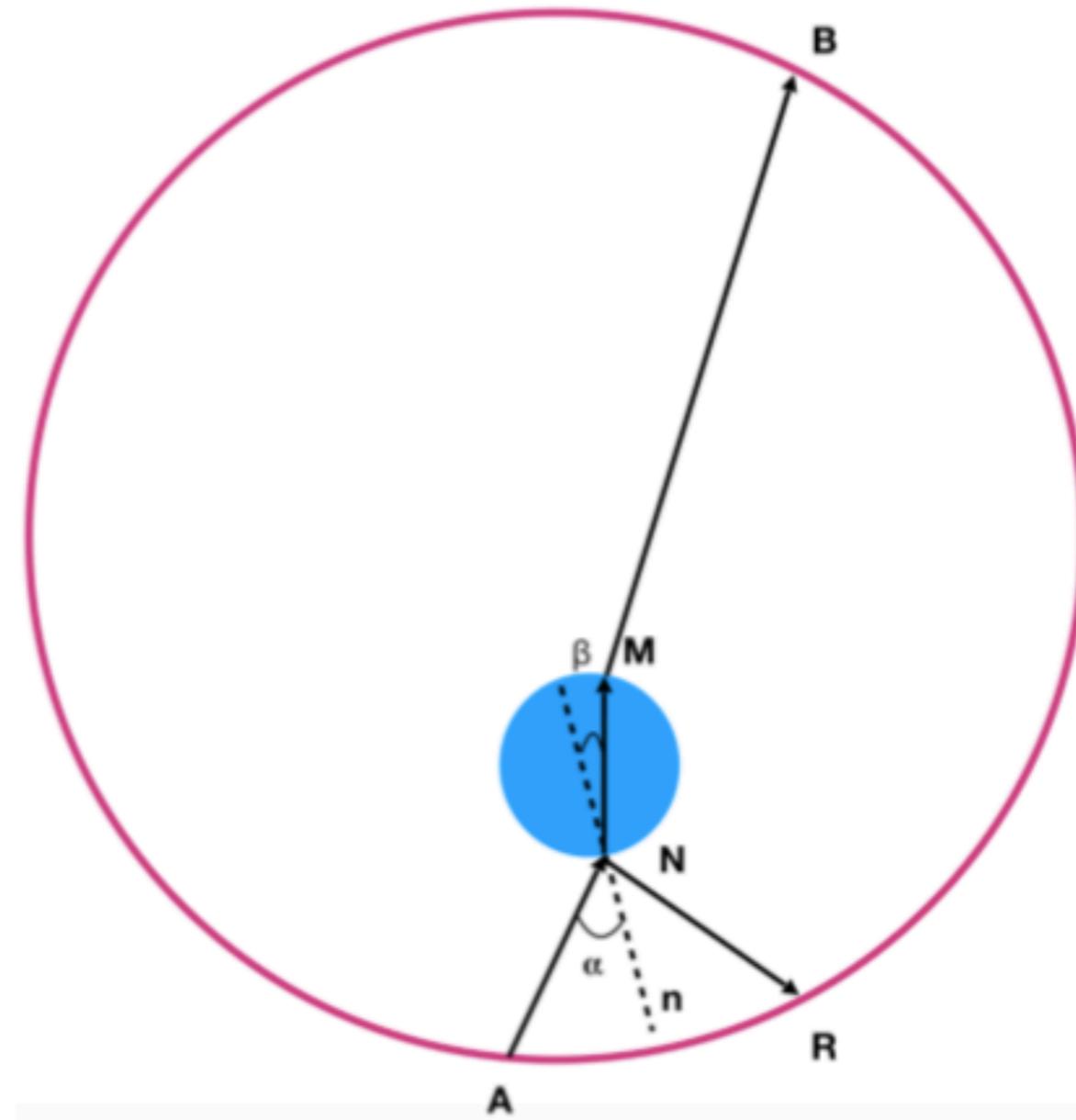


# Результаты работы

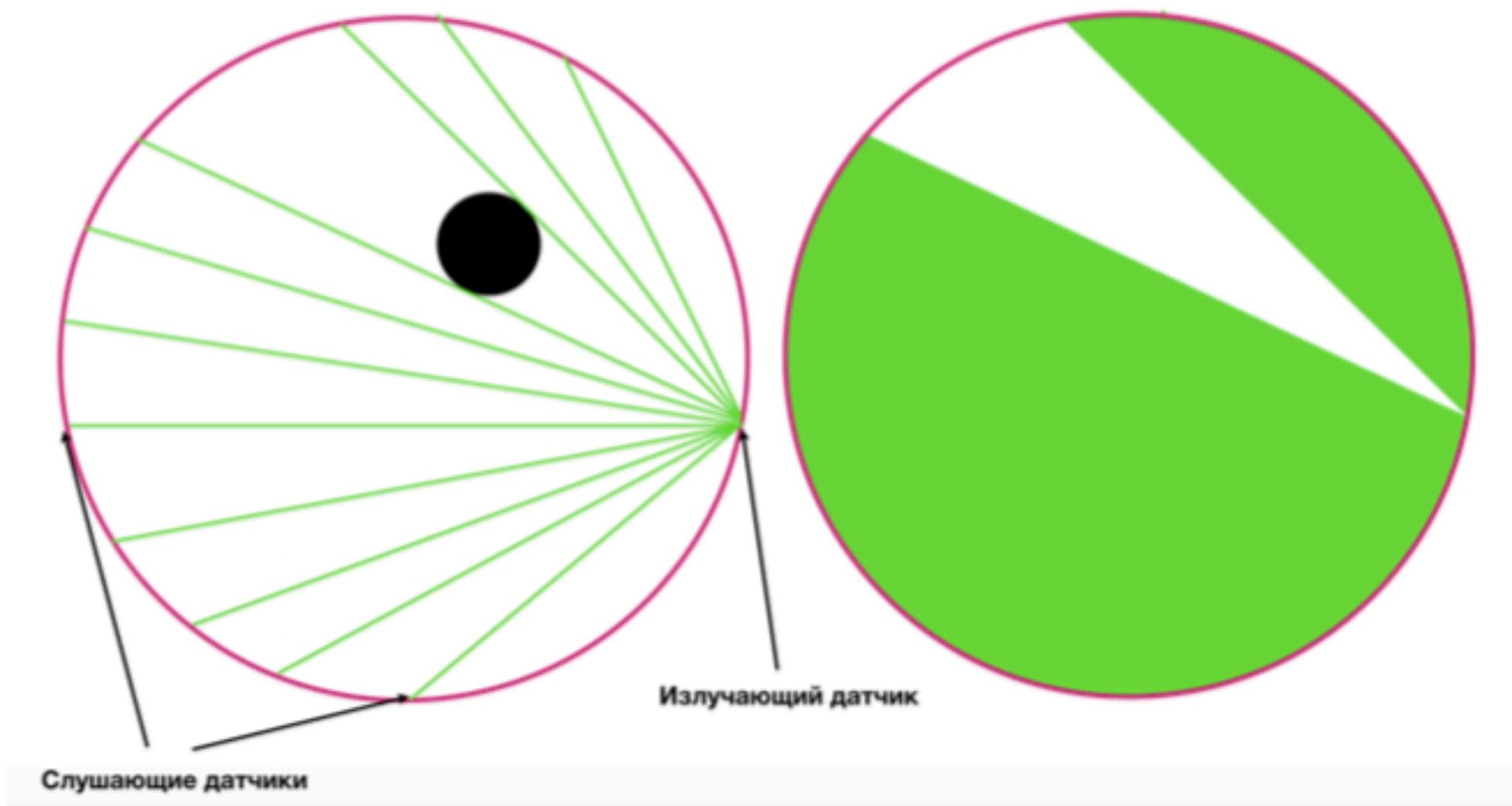
- Была разработана архитектура системы восстановления особых областей и реализован ее прототип.
- В рамках работы были проанализированы экспериментальные данные и проверены гипотезы о свойствах регистрирующей системы.
- Была проведена апробация системы для восстановления карты препятствий и скоростей.

# Вычисление скоростей

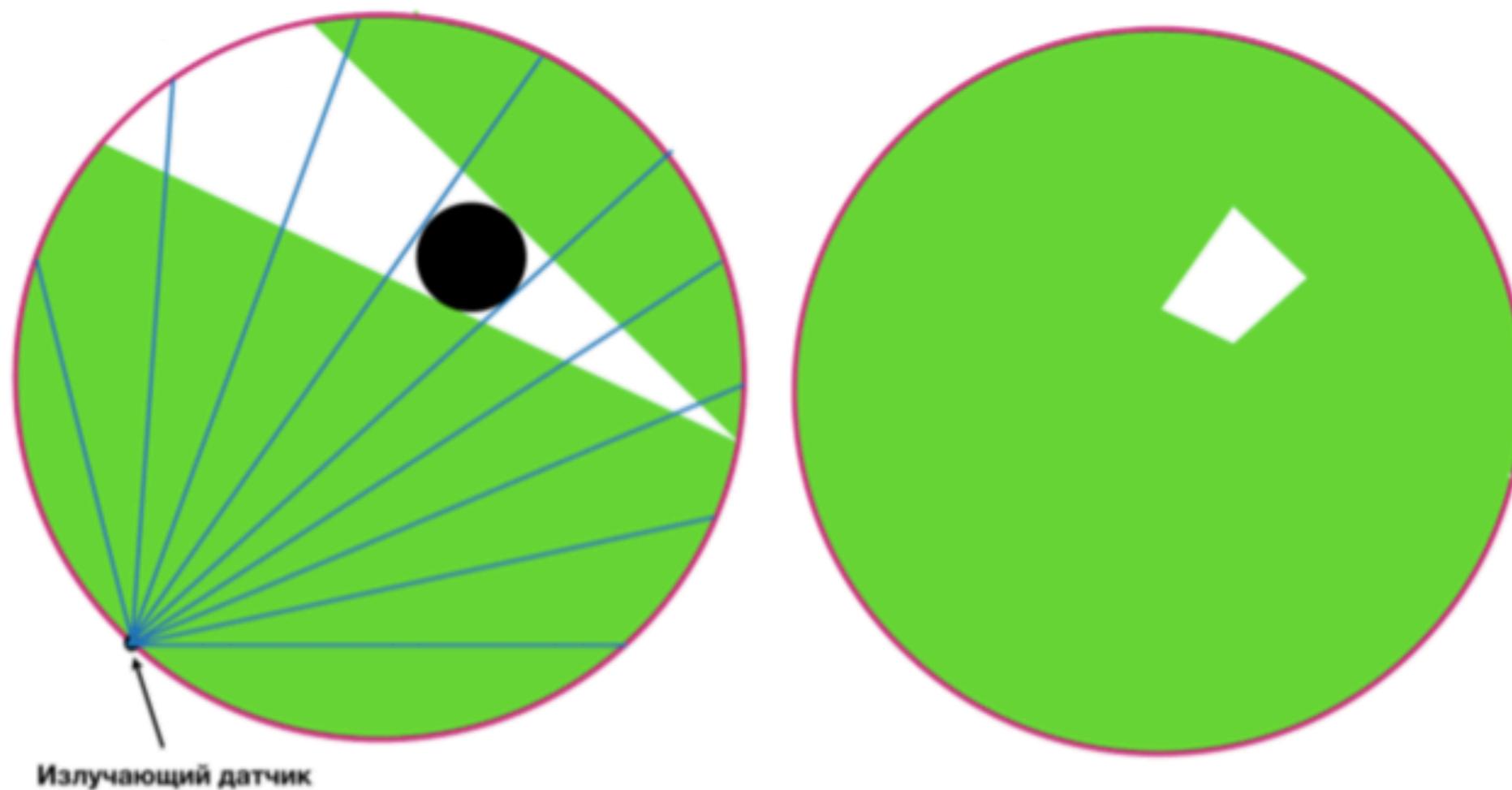
Случай падения луча на объект под произвольным углом:



# Построение карты препятствий



# Построение карты препятствий

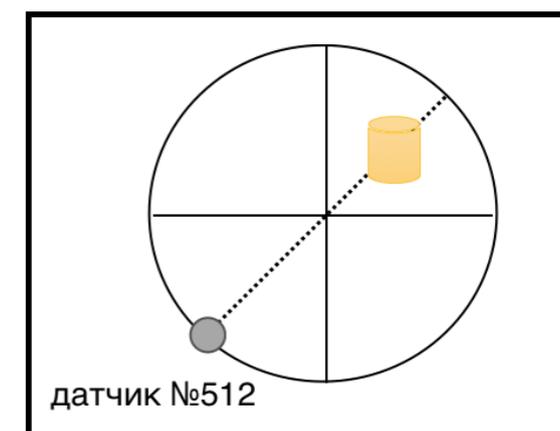


# Построение карты препятствий

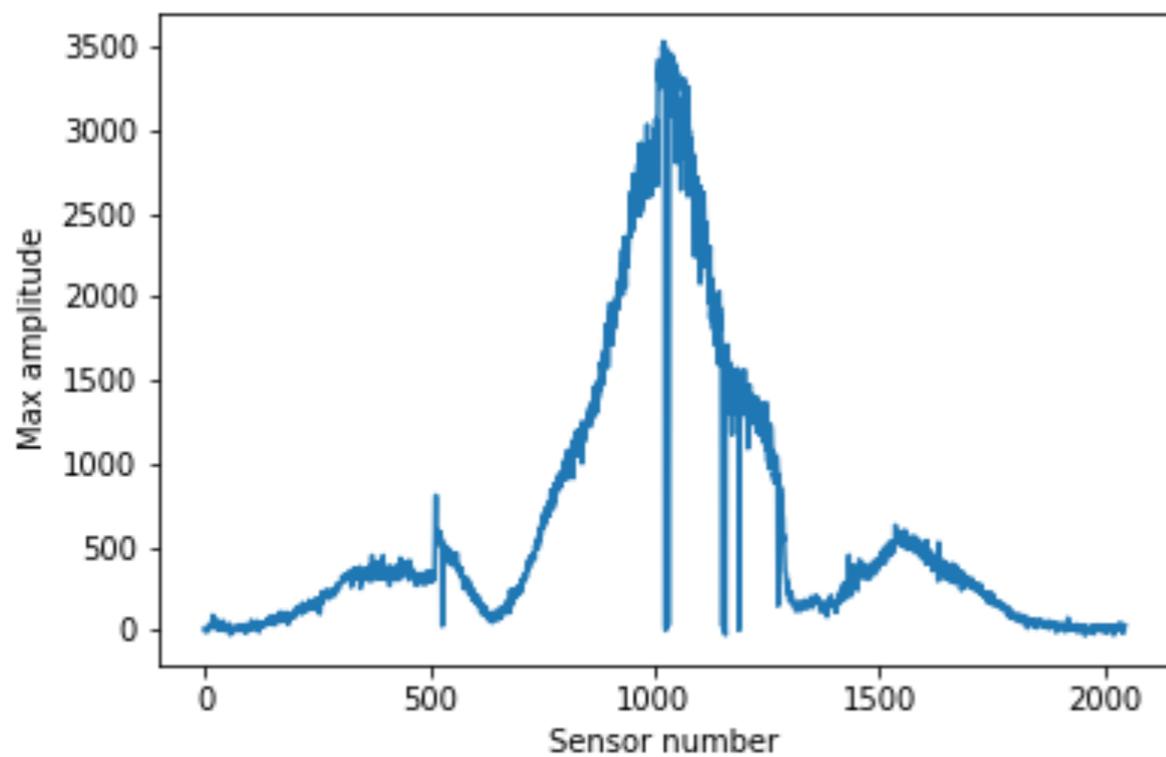


# Апробация: расчёт значения скорости звука в объекте

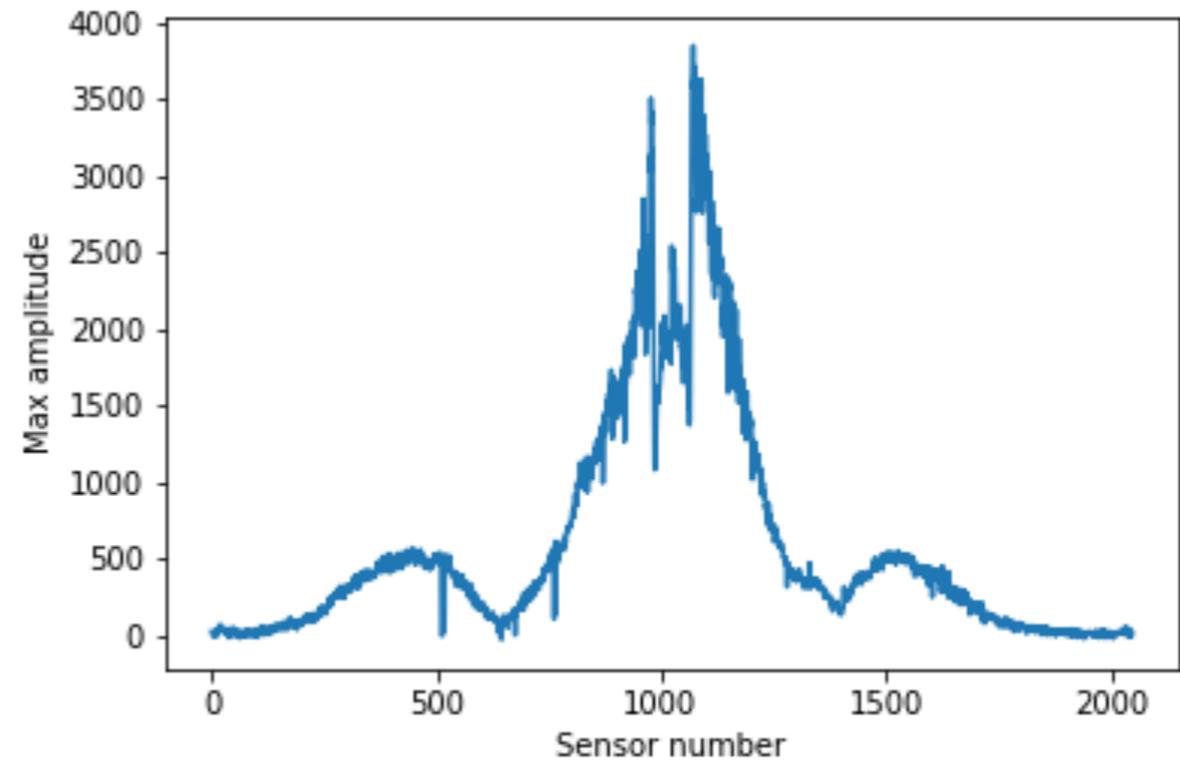
Испускающий датчик	Принимающий датчик	Скорость звука в объекте
513	1537	1632.451629
510	1534	1607.26334
511	1535	1611.407274



# Графики значений максимальной амплитуды



При испускании из датчика №1



При испускании из датчика №513

