

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Математико-механический факультет  
Кафедра Системного Программирования

---

Устойчивая реконструкция скелета глубоководных  
кораллов из компьютерных томографических снимков  
на основе отслеживания

---

661 группа, Бояровски Стефан

научный руководитель:  
Вахитов, Александр Тимурович  
доцент кафедры СП

рецензент:  
Петров, Александр Георгиевич  
генеральный директор, ООО "Биомоделирование"

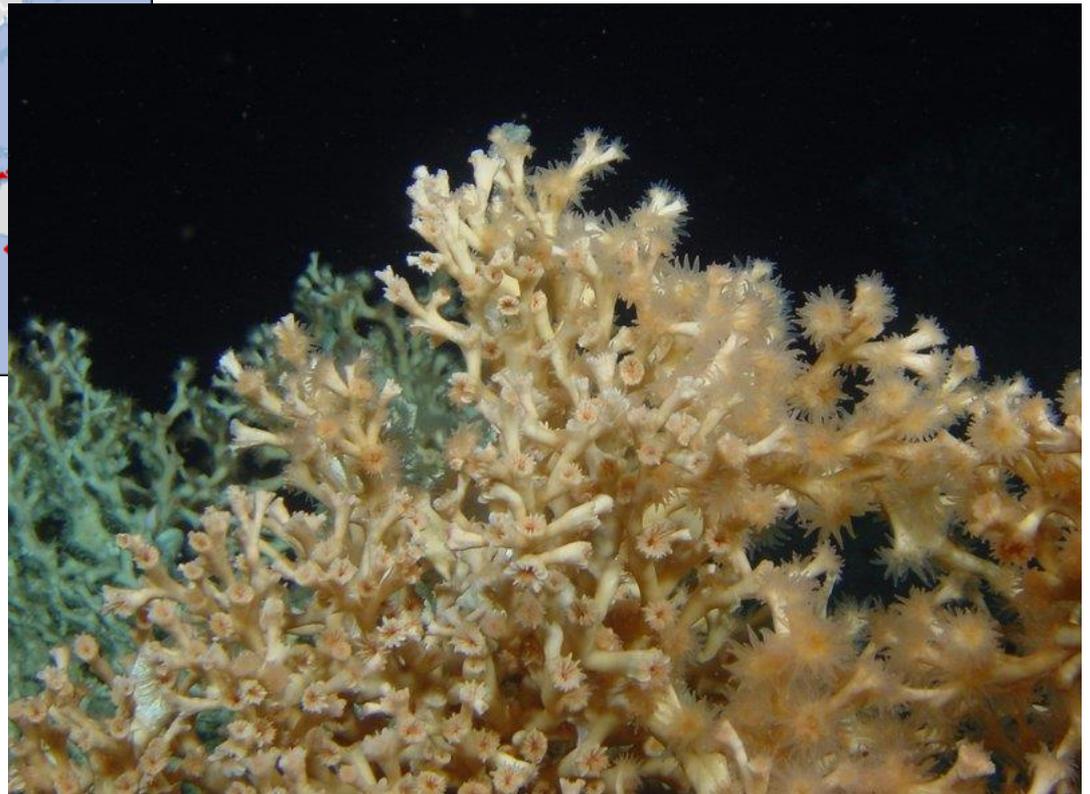
Санкт-Петербург, Июнь 2014

# Введение

---



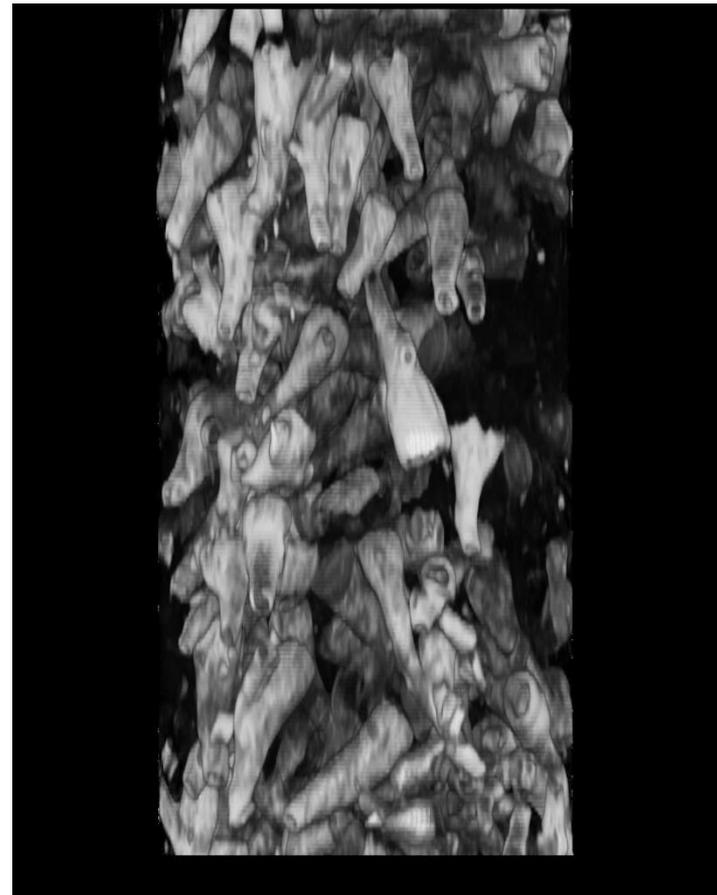
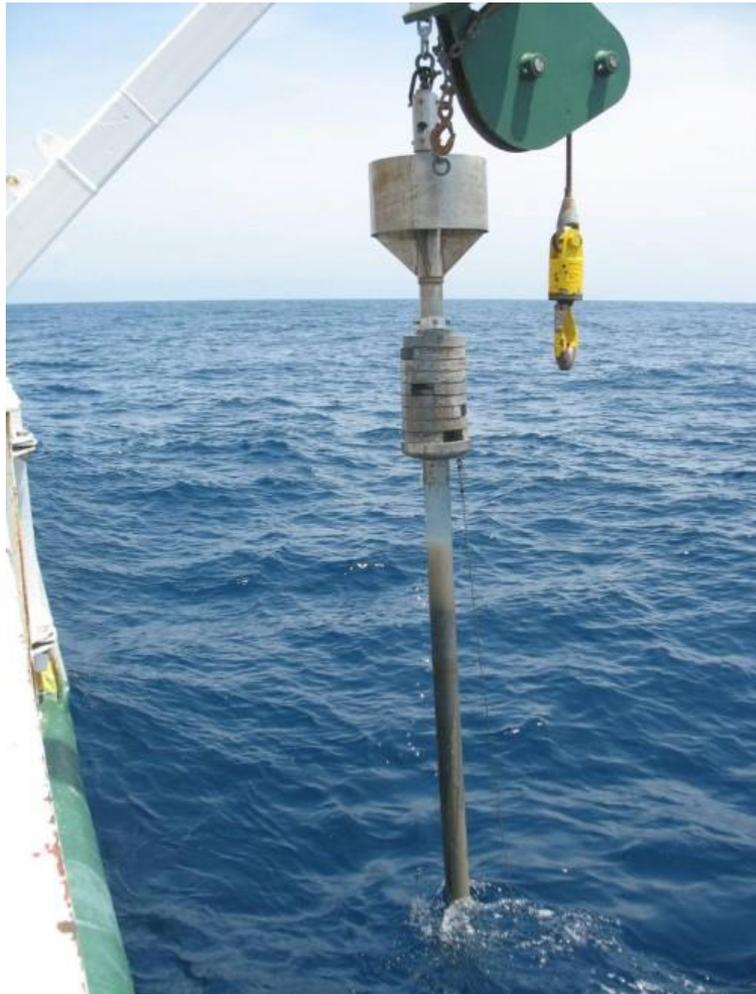
Известные  
местонахождения  
глубоководных кораллов



Глубоководные кораллы

# Введение

---

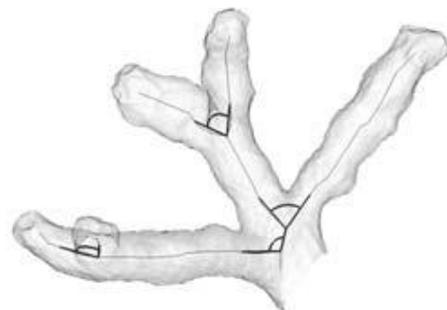


Компьютерно-томографическое  
3Д изображение образца  
зондирования кораллов

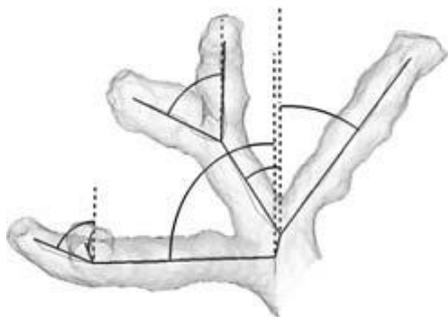
# Морфологические характеристики коралла



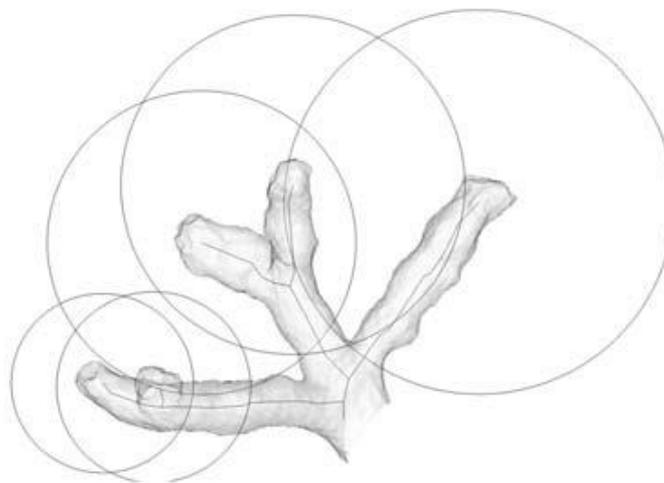
(a)



(b)



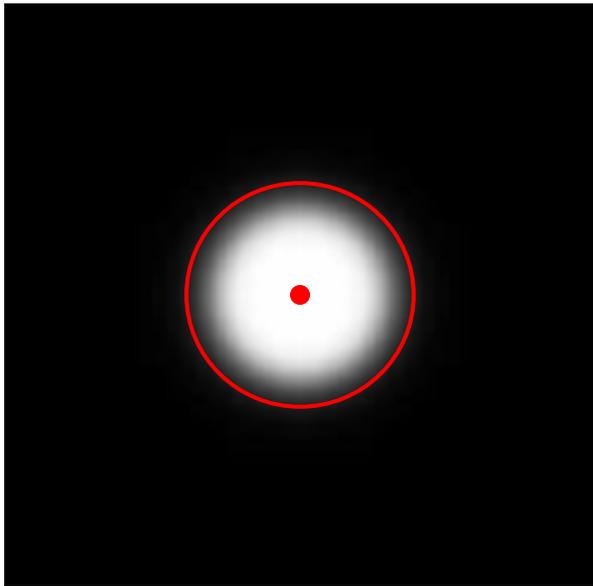
(c)



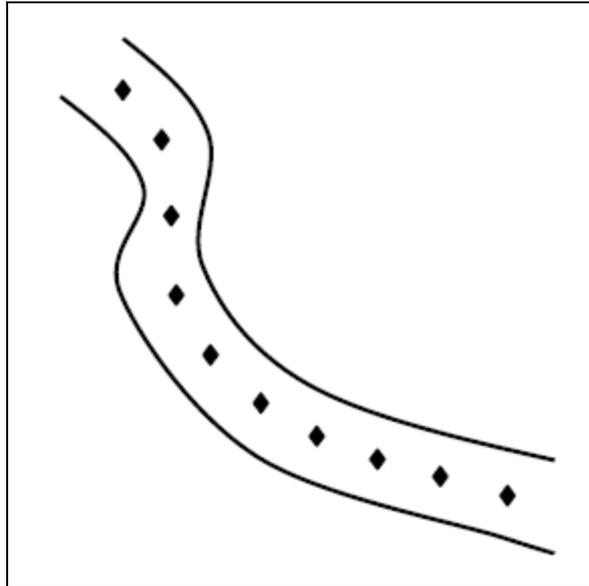
(d)

**(a)** Толщина веток; **(b)** Угол между ветками; **(c)** Угол относительно оси ОУ; **(d)** Диаметр сферы на концах веток;

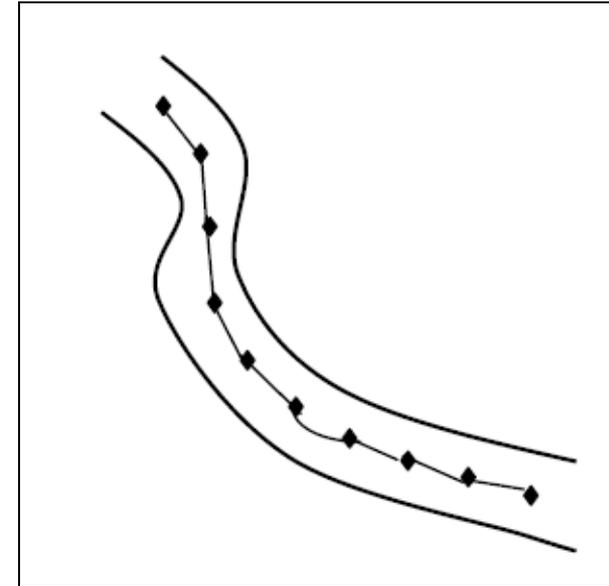
# Определение скелета коралла



**(a)** Поперечное сечение одного сегмента коралла



**(b)** Множество точек скелета вдоль одного сегмента



**(c)** Скелет коралла на одном сегменте

# Постановка задачи

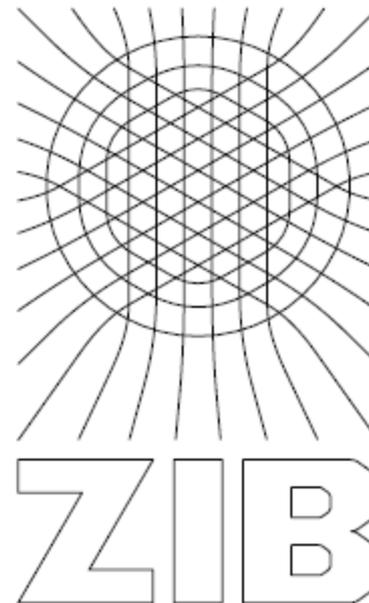
---

- Реализовать два из существующих алгоритмов реконструкции скелета на уровне искусства:
  - Алгоритм по Фриману
  - Алгоритм по Юреидини
- Приспособить алгоритмы к работе над кораллами
- Протестировать алгоритмы и сравнить результаты реконструкций скелетов

# Проект – контекст работы

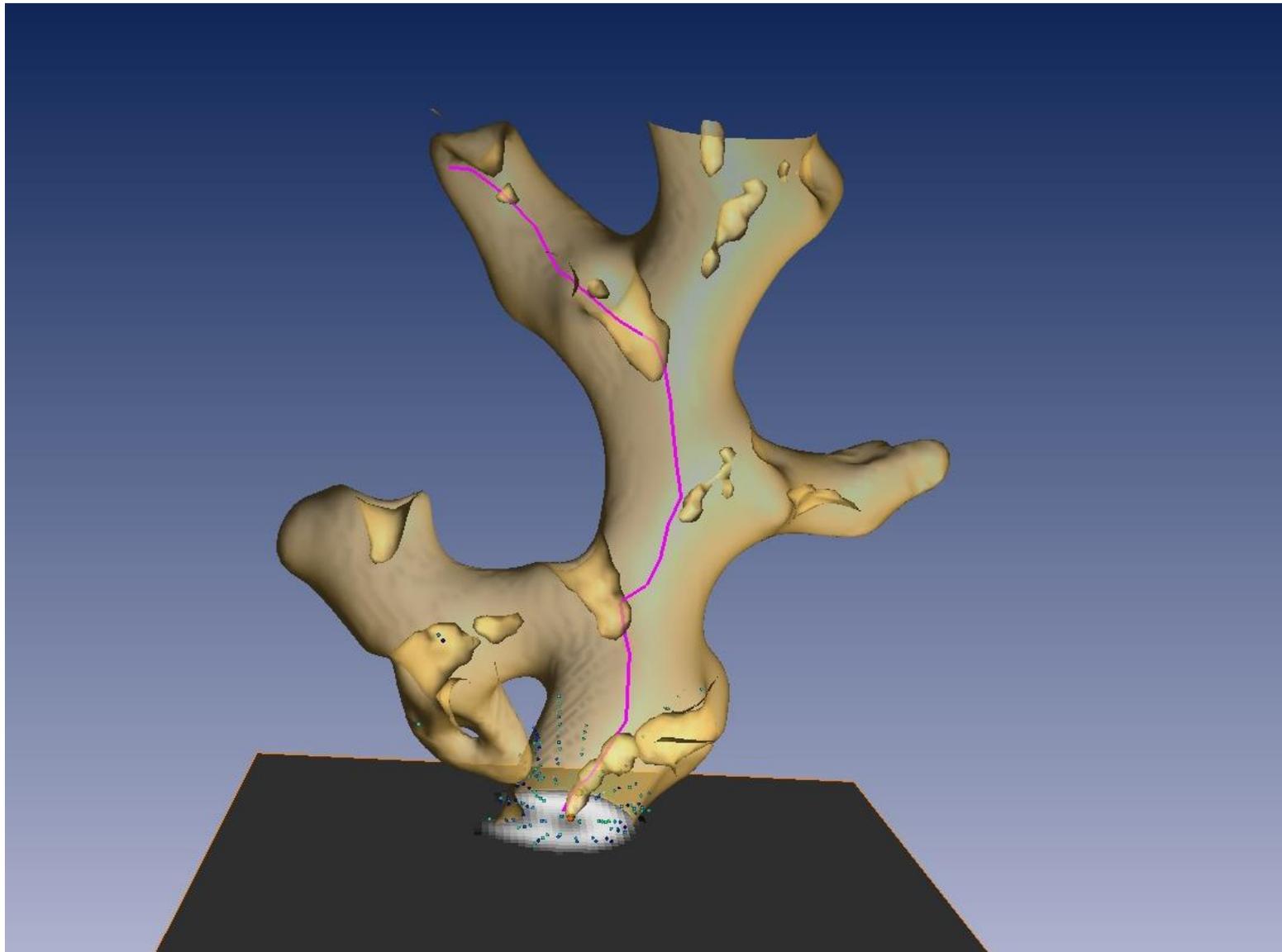
---

- Совместный проект
  - Центр морской экологии MARUM, Bremen
  - Институт Konrad Zuse Institute, Berlin
- Программный продукт ZIBAmira



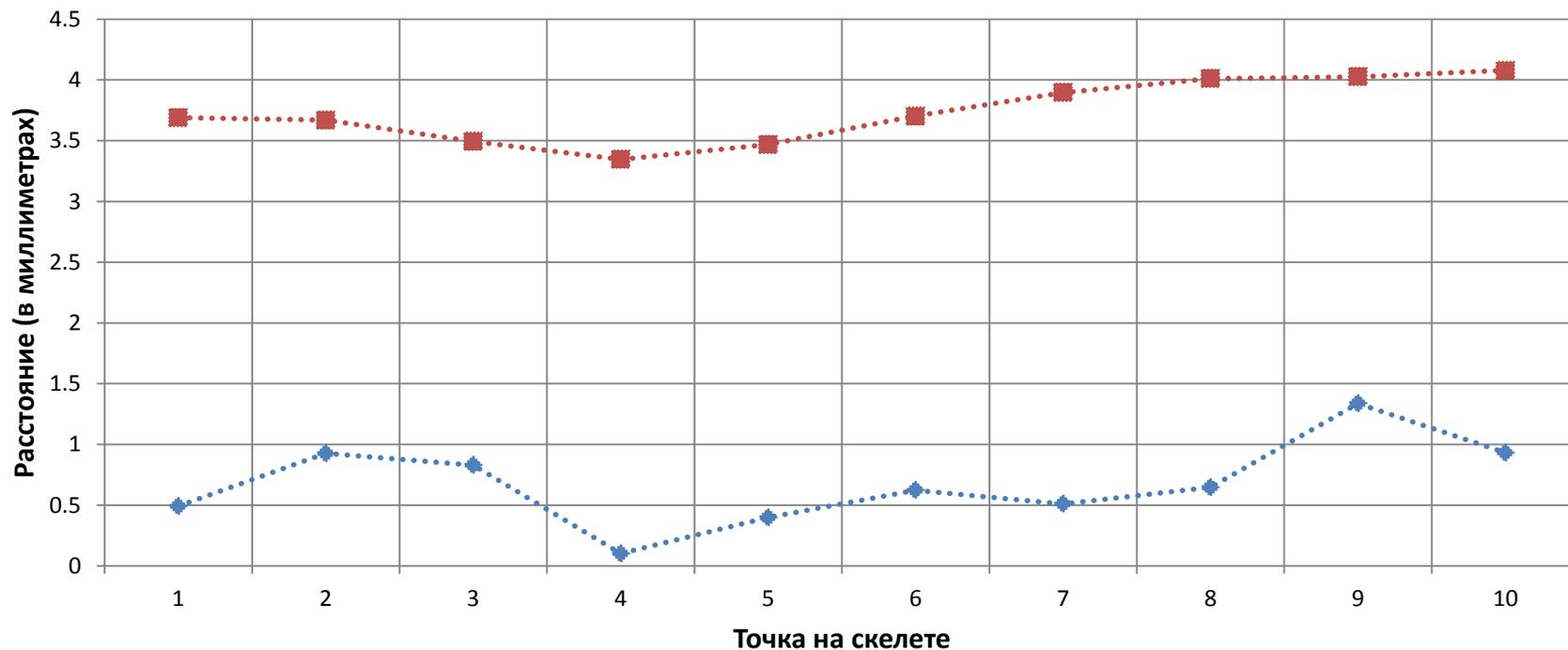
# Результаты работы (Юреидини)

---



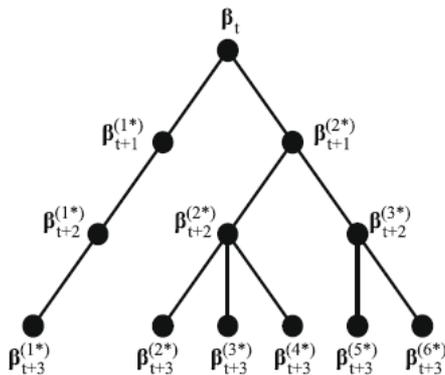
# Результаты работы (Юреидини)

## Оценка аппроксимации точек скелета



- ◆• Расстояние от аппроксимированной точки до геометрической медианы
- Среднее расстояние от точки скелета до стен коралла

# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



```
nextStepMHT()
```

```
{
```

```
    for each(leaf in the search tree)
```

```
    {
```

```
        create possible predictions for the leaf;  
        append the predictions to the search tree;
```

```
    }
```

```
}
```

```
pruneSearchTree()
```

```
{
```

```
    for each(leaf of the search tree)
```

```
    {
```

```
        calculate the sum of the scores along the path from the  
        root to the leaf;  
        remember the path with the maximal sum;
```

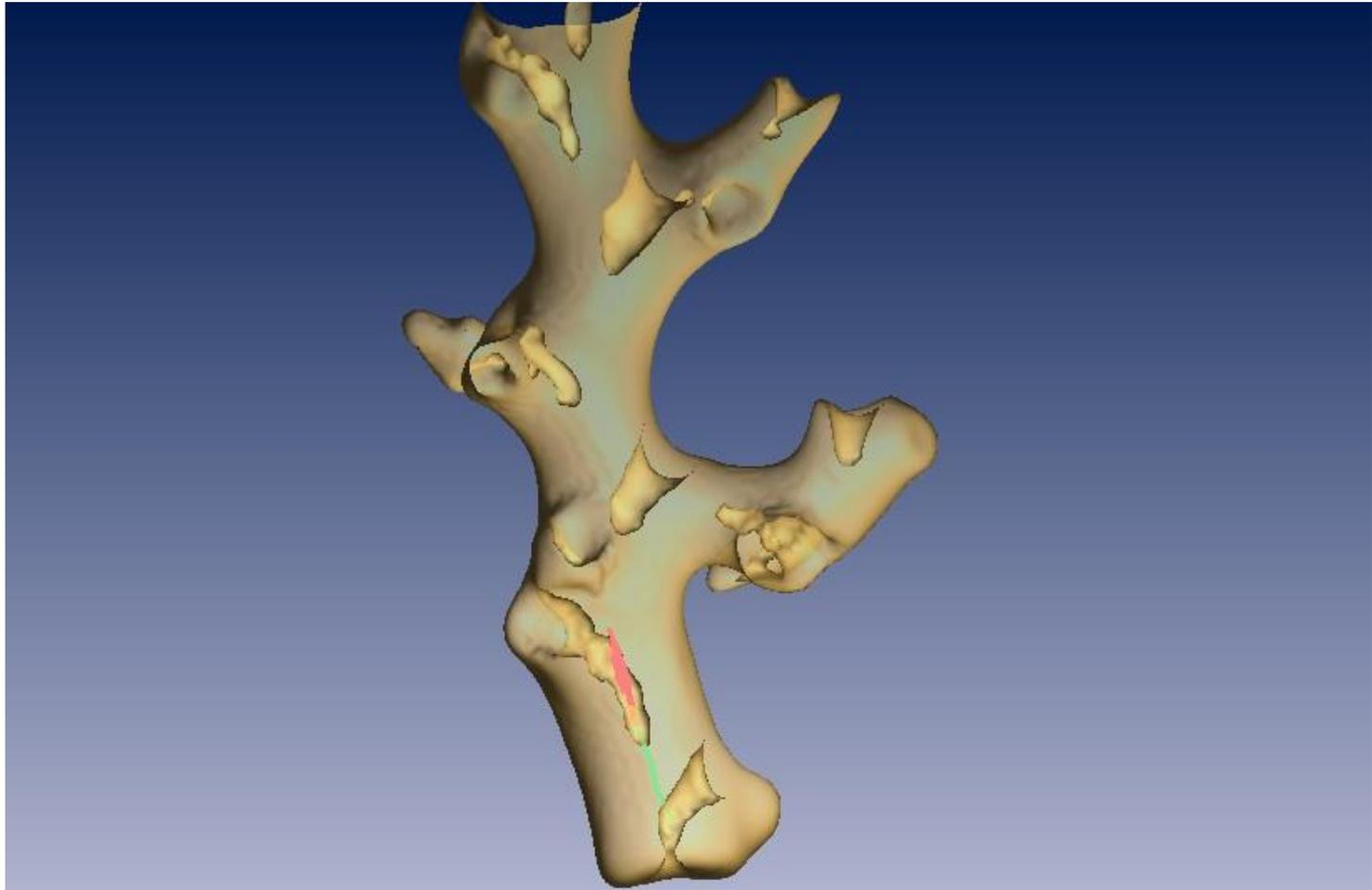
```
    }
```

```
    select the child of the root node which lies on that path;  
    append that child node to the skeleton;  
    extract the subtree starting from that child node;  
    replace the search tree with the extracted subtree;
```

```
}
```

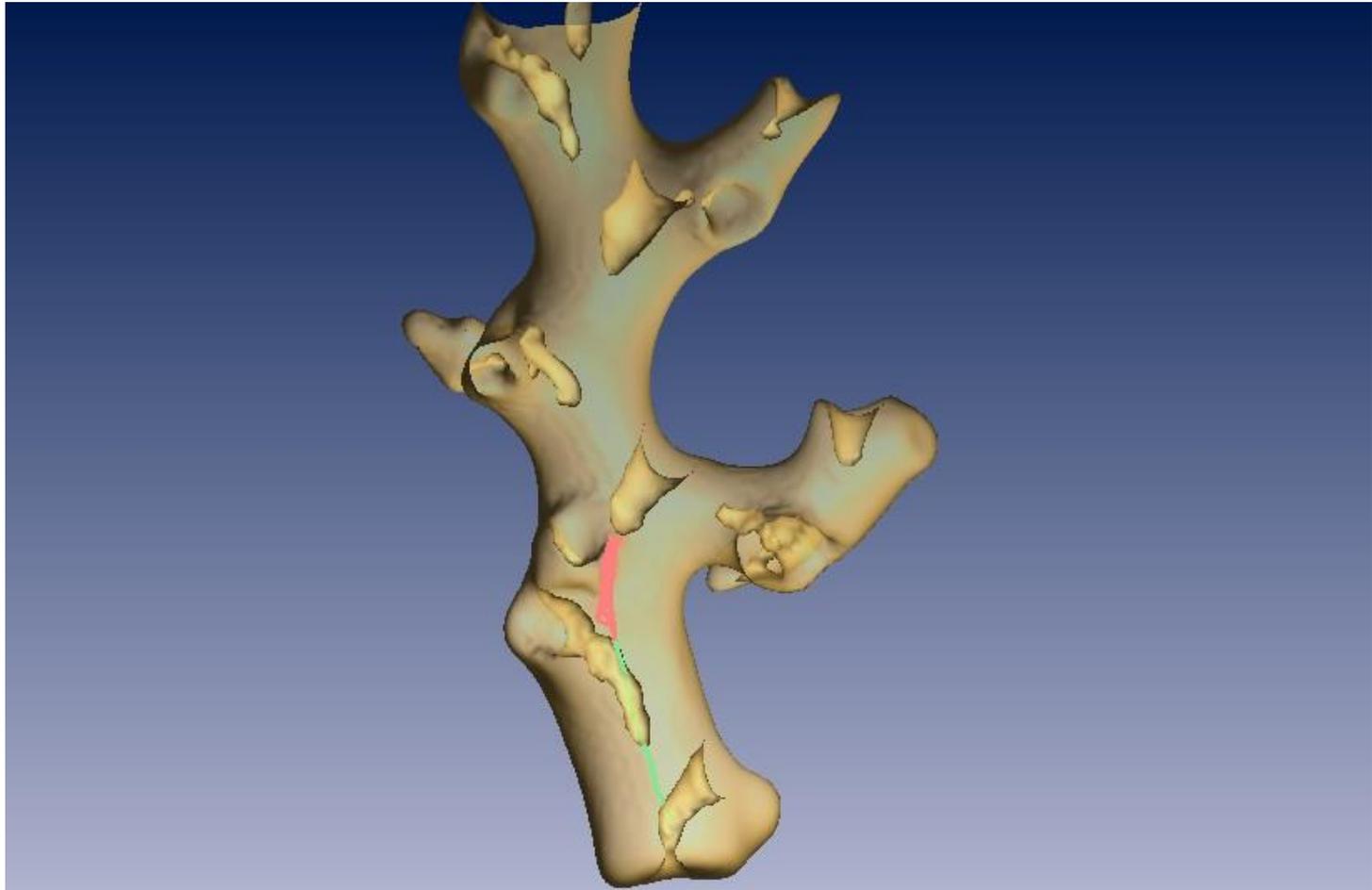
# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез

---



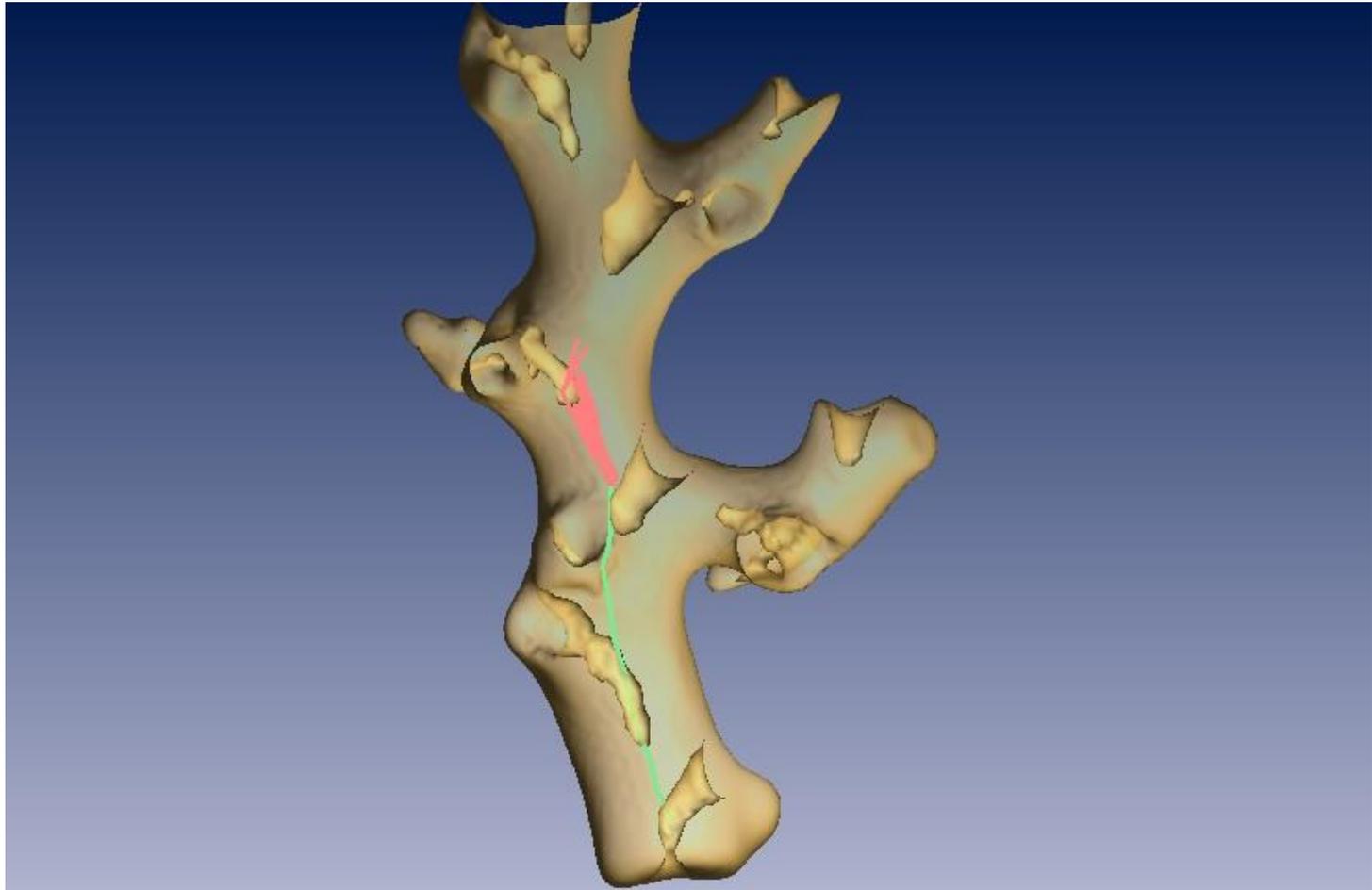
# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез

---



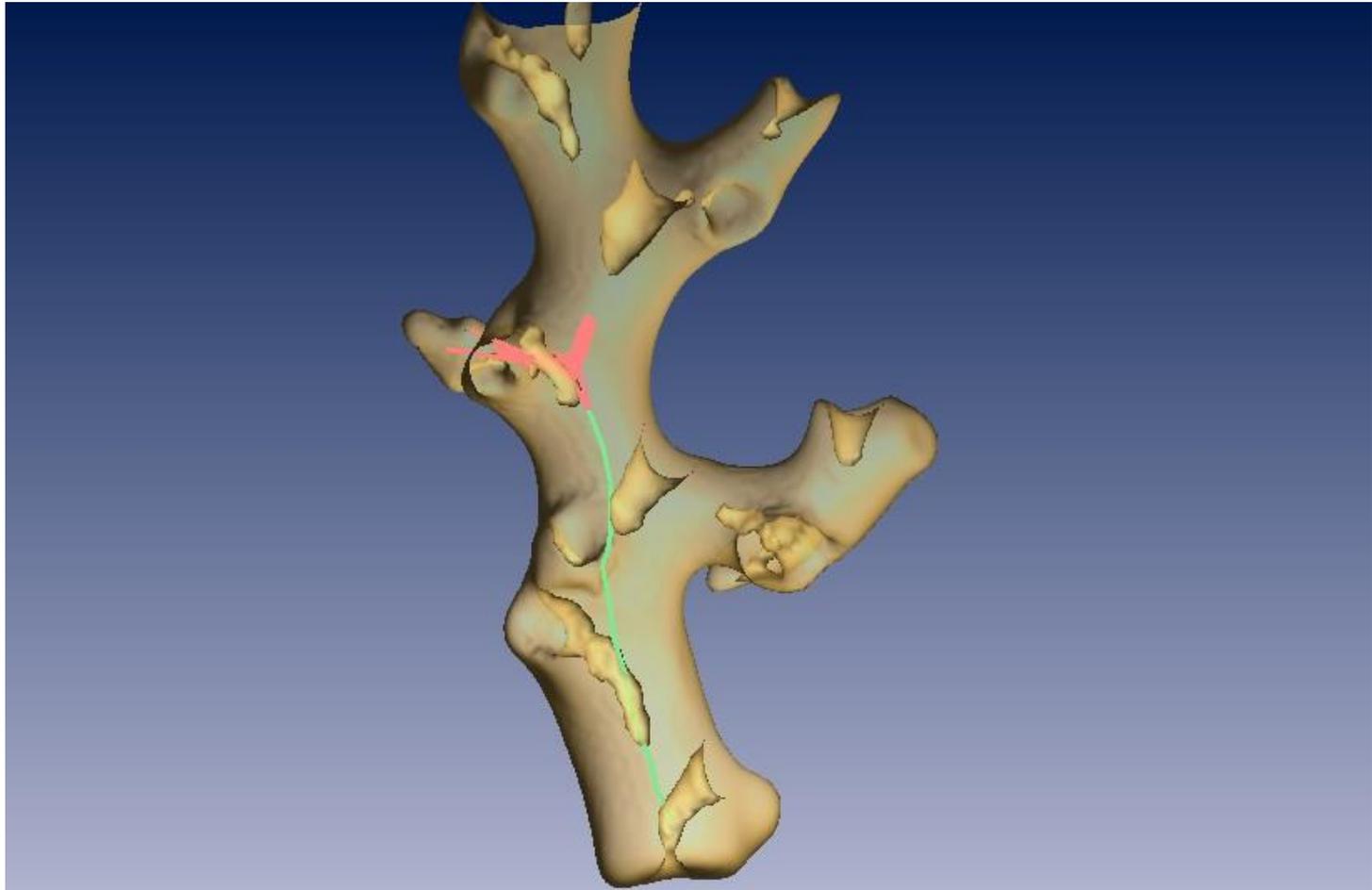
# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез

---



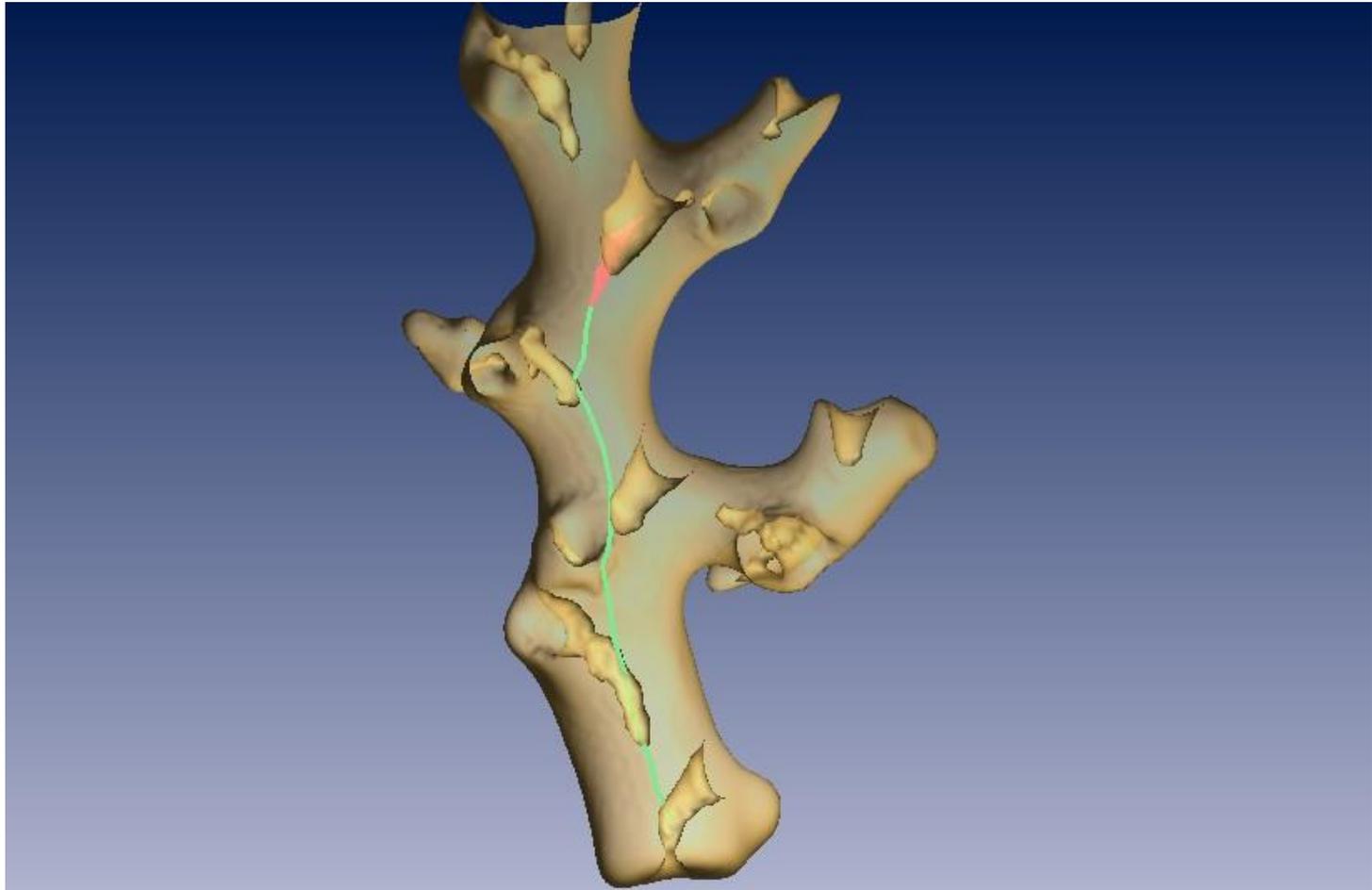
# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез

---



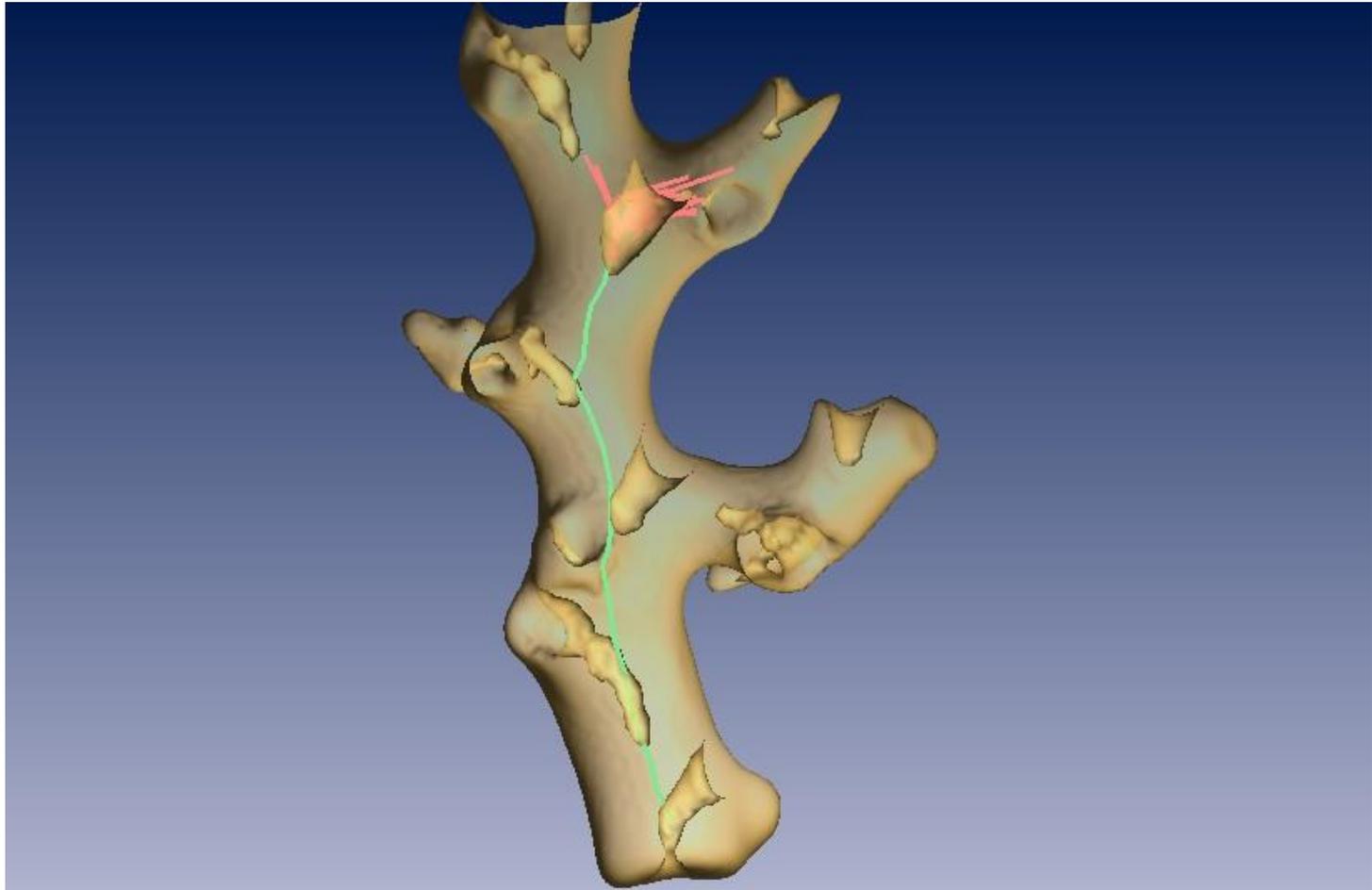
# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез

---



# Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез

---



# Заключение

---

- Реализованы два модуля в программном продукте ZIBAmira
- Алгоритмы изменены и приспособлены к кораллам, содержащие полые части с разными радиусами.
- Алгоритм Фримана расходился при работе с полыми кораллами
- Алгоритм Юреидини работоспособен, и при работе с полыми кораллами даёт хорошие результаты
- Алгоритм Юреидини был надополнен с возможностью отслеживать с поиском нескольких гипотез, что позволяет автоматически обнаруживать разветвления в коралле

# Реализация алгоритма Фримана



Поперечное сечение искусственного полного коралла

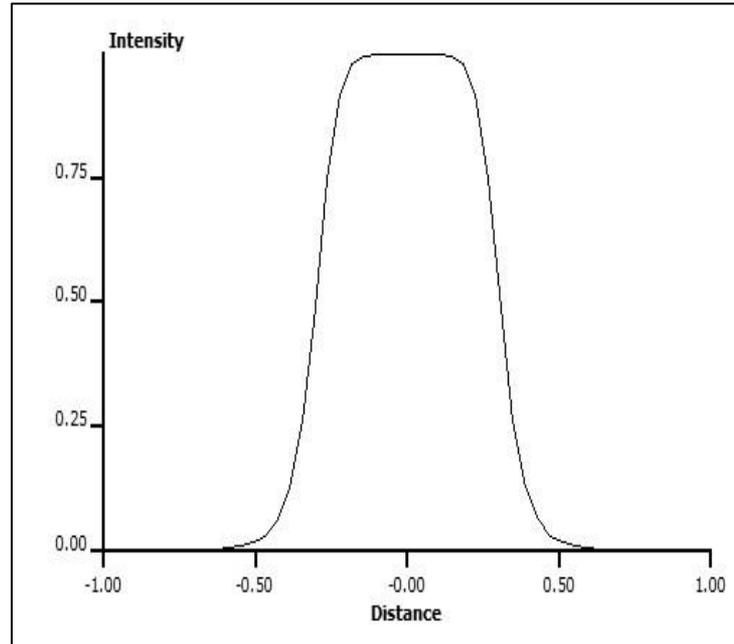
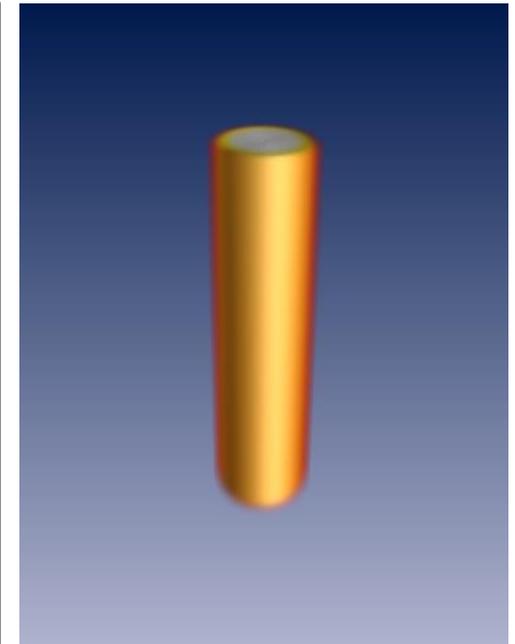


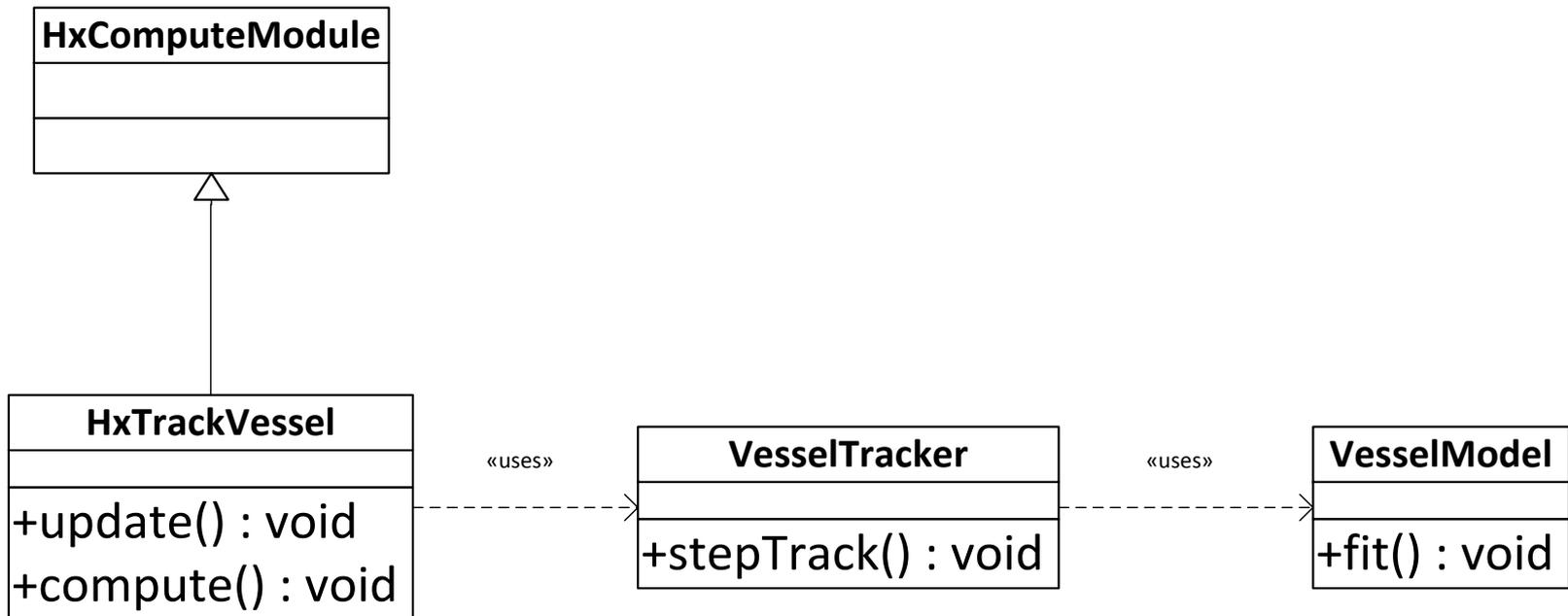
График профиля интенсивности модели:

$$p(d^2; r) = \frac{r^\gamma}{(d^2)^{\frac{\gamma}{2}} + r^\gamma}$$



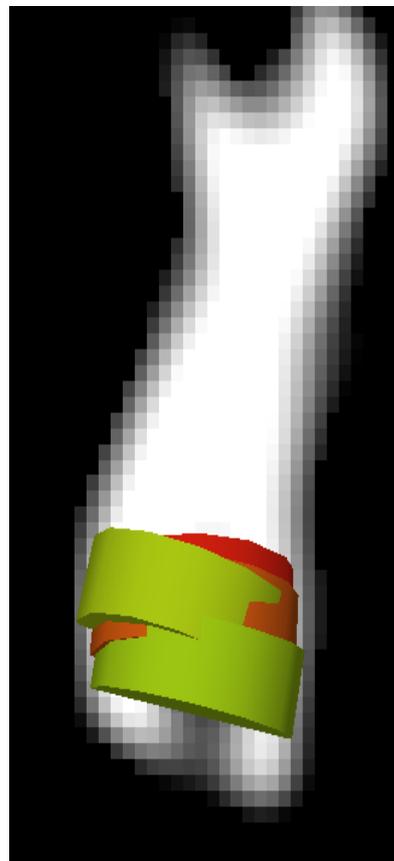
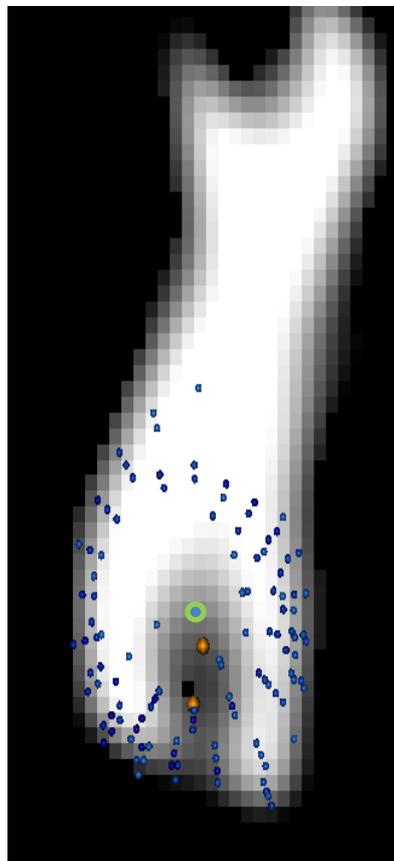
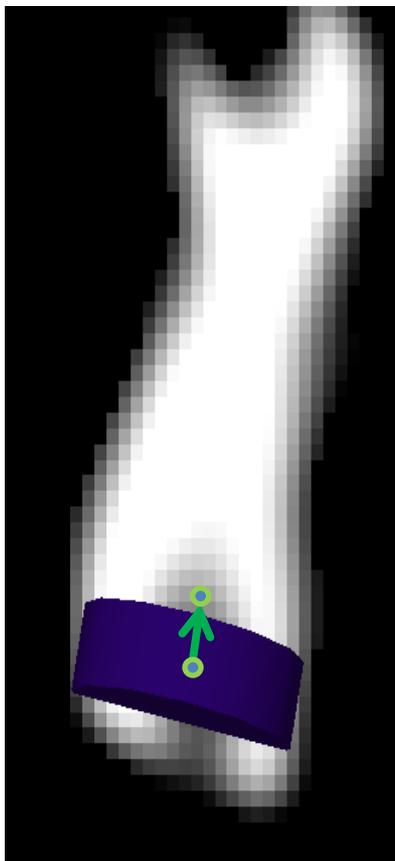
Объёмный рендеринг искусственного полного коралла

# Реализация алгоритма Фримана



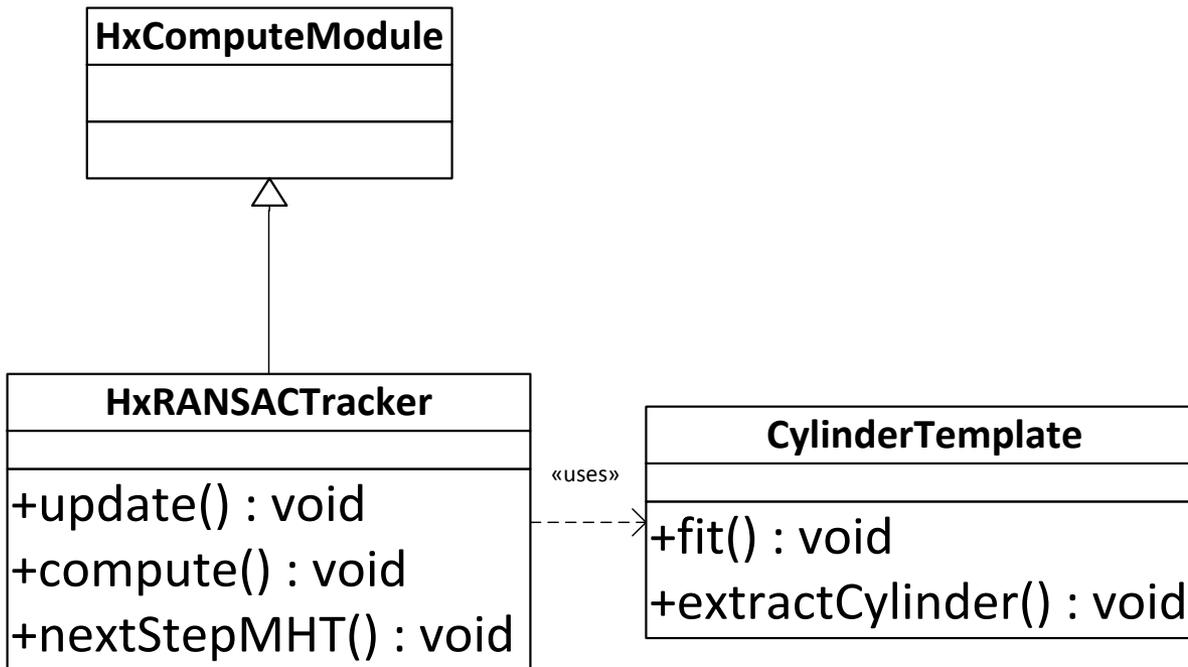
# Реализация алгоритма Юреидини

---

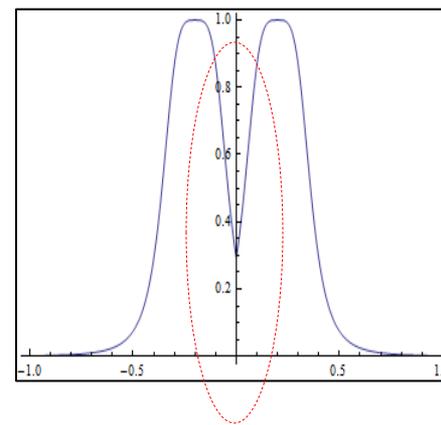
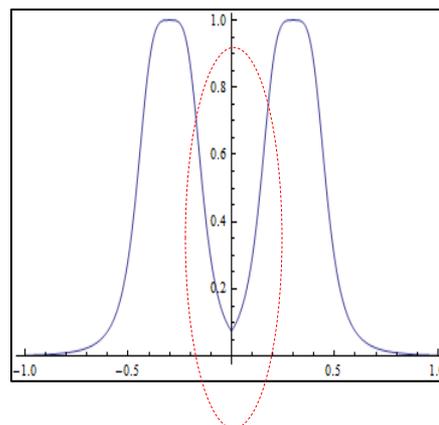
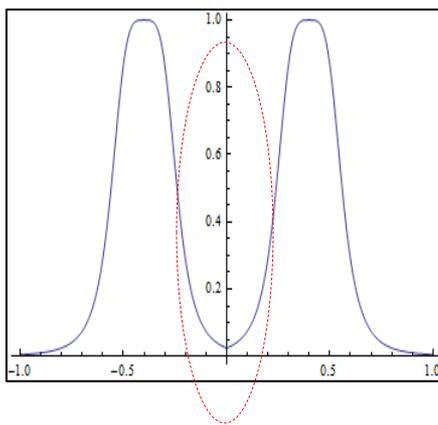
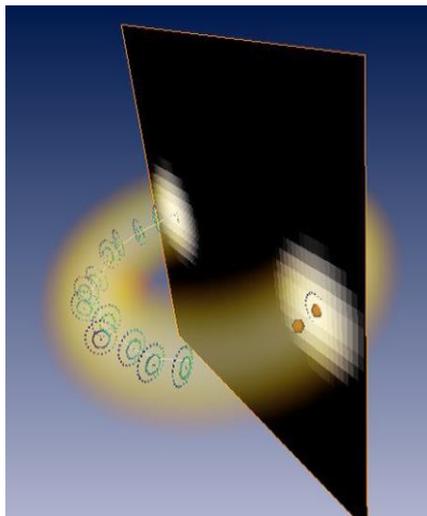
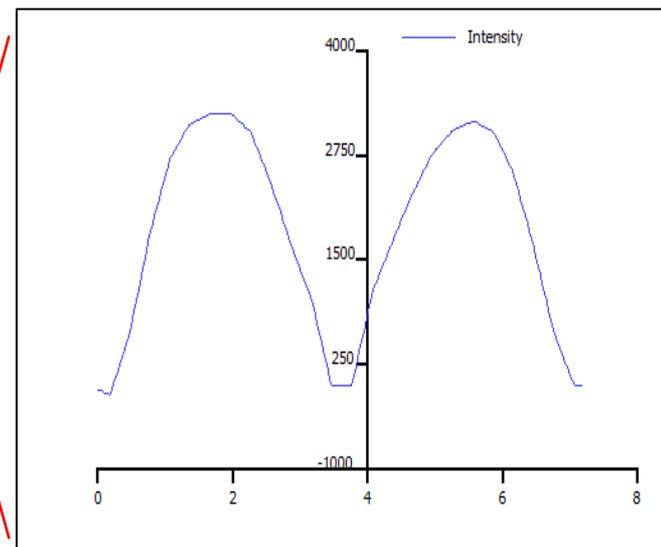
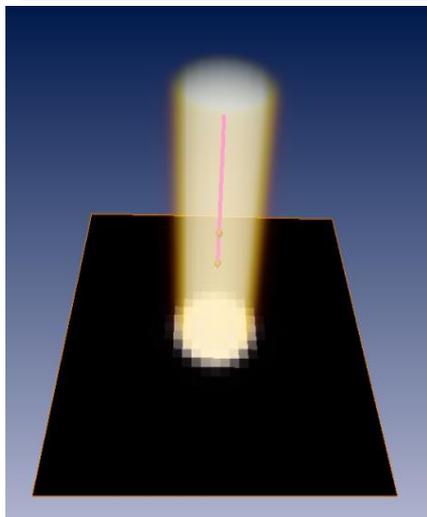


# Реализация алгоритма Юреидини

---



# Результаты работы (Фриман)



Работа алгоритма отслеживания по Фриману над синтетическими полными кораллами

# Актуальность работы

To whom it may concern

Stefan Bojarovski's work was embedded within a cooperation between MARUM – Center for Marine Environmental Sciences and ZIB – Zuse Institute Berlin. The main goal of the cooperation is an improved understanding of cold-water coral reefs, an important deep-marine ecosystem along the European continental margin, and their evolution through time by advanced computed tomography (CT) analysis. Thereby, the analysis of CT-scanned cold-water coral reef sediment cores focuses on the development of (i) a high-quality, three-dimensional coral clast segmentation and parameterisation, (ii) a growth direction analysis of individual corals, and (iii) a coral species and growth form analysis by supervised classification algorithms.

The master thesis of Stefan *Robust tracking-based skeleton reconstruction of cold-water corals from computer tomography images* concentrated on an algorithm to reconstruct the coral skeleton, which provides partly the basis for the above mentioned targets, especially target ii and iii. His results will contribute to a joined proposal of the above mentioned institutes to develop and apply this new methodology. I am very grateful for Stefan's work and wish him all the best for his future.

Kind regards,

  
Dr. Jürgen Titschack

# Обнаруживание разветвлений

---

- Кластеризация координат точек в листьях дерева:

- Строится симметричная матрица  $S_{ij} = S_{ji} = e^{-2 \frac{\|x_i - x_j\|}{r_i + r_j}}$

- Выполняется спектральное разложение матрицы Лапласа

$$L = D - S \quad , \text{ где матрица } D_{ii} = \sum_j S_{ij}$$

- Для каждого кластера выбираются листья с максимальной оценки
- Если расстояния между ними больше чем текущего радиуса коралла, тогда произошло разветвление